



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάλυση Ενεργειακού Χαρτοφυλακίου Ευρωπαϊκών Χωρών
Παρουσία ή Απουσία Πυρηνικής Ενέργειας και Α.Π.Ε**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βασίλειος Π. Φωτιάς

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Χρήστος Ρούπας
Συνεργάτης Εργαστηρίου
Συστημάτων Αποφάσεων

Αθήνα, Μάρτιος 2013



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Ανάλυση Ενεργειακού Χαρτοφυλακίου Ευρωπαϊκών Χωρών
Παρουσία ή Απουσία Πυρηνικής Ενέργειας και Α.Π.Ε**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βασίλειος Π. Φωτιάς

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Βασίλειος Ασημακόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Δημήτριος Ασκούνης
Αναπλ.Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2013

.....
ΦΩΤΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Φωτιάς Βασίλειος, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε επιλεγμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επιλέχθηκαν οι χώρες Ισπανία , Σουηδία , Νορβηγία και Πορτογαλία εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που διαθέτουν ως προς το μείγμα καυσίμων που χρησιμοποιούν. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται στην ανάλυση των ενεργειακών χαρτοφυλακίων είναι η αποτίμηση χαρτοφυλακίου όπως την ανέπτυξε ο Χάρι Μάρκοβιτς σε άρθρο του στην Journal of Finance το 1952. Το υπόδειγμα μέσου-διακύμανσης χρησιμοποιείται ως είσοδος προκειμένου να υπολογιστεί το αποτελεσματικό μέτωπο

Η διπλωματική εργασία ξεκινά με την εισαγωγή των βασικών όρων που θα χρησιμοποιηθούν, με ιδιαίτερη έμφαση στους όρους της θεωρίας του μοντέρνου χαρτοφυλακίου. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται οι βασικές θεωρίες που αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιούνται στην αποτίμηση του ενεργειακού χαρτοφυλακίου. Εν συνεχεία παρουσιάζεται αναλυτικά ο υπολογισμός του αποτελεσματικού μετώπου και όλων των βασικών σημείων που θα χρειαστούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η επόμενη ενότητα κεφαλαίων της παρούσας διπλωματικής ξεκινά με μια εισαγωγή στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των χωρών που επιλέγησαν. Η επιλογή των χωρών έγινε με βάση την ύπαρξη ή μη πυρηνικής ενέργειας, παρουσίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εξάρτησης από το πετρέλαιο. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία εύρεσης του αποτελεσματικού μετώπου, θεωρώντας κοινές τιμές απόδοσης για τις τέσσερις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Βρίσκονται δύο αποτελεσματικά μέτωπα , ένα εκ των οποίων περιλαμβάνει ως καύσιμο το ουράνιο και ένα άλλο το οποίο δεν το περιλαμβάνει. Στην τελευταία ενότητα παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα και προτάσεις για την βελτίωση των ενεργειακών χαρτοφυλακίων των παραπάνω χωρών.

Λέξεις – Κλειδιά: Μοντέρνο Χαρτοφυλάκιο, Βέλτιστο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο, Markowitz, Αποτελεσματικό Μέτωπο, Υπόδειγμα Μέσου Διακύμανσης, Ενεργειακός Σχεδιασμός.

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis is the evaluation of the fuels used for electricity generation in certain countries of the European Union. The following countries were selected; Spain, Sweden, Norway and Portugal and that was due to their unique characteristics, as far as the mix of fuel they use is concerned. The method used in the analysis of the energy portfolio is the portfolio evaluation, as developed by Harry Markowitz, in Journal of Finance (1952). The mean variance model is used as input to compute the efficient frontier.

Firstly, the basic terms that will be used are introduced, with a particular emphasis on the aspects of the modern portfolio theory. The next chapter focuses on the basic theories developed and used to assess the energy portfolio. Furthermore, both the calculation of the efficient frontier and the key points needed to draw conclusions will be presented in detail.

The next chapter of this thesis begins with an introduction to the special characteristics of the selected countries. The selection of the countries was based on the presence or absence of nuclear and renewable energy as well as oil dependence. In the next chapter, the process of computing the efficient frontier is presented, assuming common values of return for the four countries of the European Union. Effectively, two frontiers are presented, one that involves the use of uranium as fuel and one that does not. During the concluding section, certain suggestions are presented for improving the energy portfolios of the above countries.

Keywords: Modern Portfolio, Efficient Energy Portfolio, Markowitz, Efficient set, Efficient Frontier, Mean-Variance Theory, Energy Planning.

Περιεχόμενα

| | | |
|-----------|--|----|
| 1. | Εισαγωγή στους όρους της Διαχείρισης Χαρτοφυλακίων | |
| 1.1 | Βασικοί χρηματοοικονομικοί όροι που αφορούν στα Χαρτοφυλάκια | 1 |
| 1.1.1 | Η έννοια της Επένδυσης | 1 |
| 1.1.2 | Η έννοια του Χαρτοφυλακίου | 2 |
| 1.1.3 | Η έννοια της Απόδοσης | 2 |
| 1.1.4 | Η έννοια του Κινδύνου | 4 |
| 1.1.5 | Η έννοια του χρεογράφου | 5 |
| 1.2 | Βασικοί εξειδικευμένοι όροι που αφορούν στα Χαρτοφυλάκια | 6 |
| 1.2.1 | Μοντέλα Διαχείρισης Χαρτοφυλακίων | 6 |
| 1.2.2 | Η αρχή της Διαφοροποίησης | 6 |
| 1.2.3 | Αποτελεσματικό Χαρτοφυλάκιο | 7 |
| 1.2.4 | Το μοντέλο Μέσου Διακύμανσης | 8 |
| 2. | Σημαντικές μελέτες | |
| 2.1 | Harry Markowitz-Portfolio Selection-The Journal of Finance-1952 | 10 |
| 2.1.1 | Μαθηματική απόδειξη | 11 |
| 2.1.2 | Γεωμετρική Περιγραφή | 14 |
| 2.2 | Tobin- Liquidity preference as a behavior towards risk- Review of economic studies-1958 | 19 |
| 2.3 | Harry Markowitz-Portfolio Selection-1959 | 31 |
| 2.4 | Konno- Yamazaki-M.A.D-1991 | 33 |
| 3. | Μελέτη Χαρτοφυλακίων | |
| 3.1 | Εισαγωγή στην Μελέτη Χαρτοφυλακίων | 36 |
| 3.2 | Απόδοση και κίνδυνος σε περίπτωση δύο χρεογράφων | 37 |
| 3.3 | Απόδοση και κίνδυνος σε περίπτωση πολλών χρεογράφων | 40 |
| 3.4 | Η αρχή της διαφοροποίησης | 42 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.5 | Αποτελεσματικό Χαρτοφυλάκιο | 46 |
| 3.6 | Αποτελεσματικό σύνορο | 49 |
| 3.7 | Υπολογισμός Αποτελεσματικού μετώπου στην περίπτωση 2 Χρεογράφων | 51 |
| 3.8 | Εύρεση Αποτελεσματικού Συνόρου στην περίπτωση n αξιογράφων | 55 |
| 3.9 | Εισαγωγή Ακίνδυνου Χρεογράφου | 63 |
| 3.10 | Χαρτοφυλάκιο n χρεογράφων σε συνδυασμό με ακίνδυνο χρεόγραφο. | 68 |

4. Ενεργειακή Κατάσταση των χωρών προς μελέτη

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Συνοπτική παρουσίαση | 69 |
| 4.2 | Παρουσίαση των χωρών που επιλέγησαν | 70 |
| 4.3 | Συνοπτική παρουσίαση των καυσίμων | 72 |
| 4.4 | Πραγματικά Ενεργειακά Χαρτοφυλάκια Χωρών προς Μελέτη | 74 |
| 4.4.1 | Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο Ισπανίας | 75 |
| 4.4.2 | Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο Σουηδίας | 78 |
| 4.4.3 | Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας | 80 |
| 4.4.4 | Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας | 82 |
| 4.5 | Σύνοψη κεφαλαίου | 84 |

5. Εύρεση Αποτελεσματικού Μετώπου και Ανάλυση

| | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | Συνοπτική παρουσίαση | 85 |
| 5.2 | Ανάλυση Βέλτιστου Χαρτοφυλακίου Τεσσάρων Τύπων Καυσίμων | 86 |
| 5.3 | Ανάλυση Βέλτιστου Χαρτοφυλακίου Τριών Τύπων Καυσίμων | 91 |
| 5.4 | Εισαγωγή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Χαρτοφυλάκιο | 93 |
| 5.5 | Απόδοση και κίνδυνος πραγματικών χαρτοφυλακίων | 97 |

6. Εξαγωγή συμπερασμάτων

| | | |
|-----|--|-----|
| 6.1 | Συμπεράσματα μετά την ανάλυση των χαρτοφυλακίων | 100 |
| 6.2 | Οι παραδοχές πριν την εξαγωγή συμπερασμάτων | 102 |
| 6.3 | Συμπεράσματα και προτάσεις για την Ισπανία και την Σουηδία | 104 |
| 6.4 | Συμπεράσματα και προτάσεις για την Νορβηγία και την Πορτογαλία | 108 |
| 6.5 | Κατευθυντήριες γραμμές για τις χώρες της Ε.Ε | 111 |

| | |
|---------------------|------------|
| Βιβλιογραφία | 113 |
|---------------------|------------|

Περιεχόμενα Σχημάτων

Κεφάλαιο 2^ο

| | | |
|-------------|---|----|
| Σχήμα 2. 1 | Αποδοτικοί Συνδυασμοί (Πηγή: <i>Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952</i>) | 12 |
| Σχήμα 2. 2 | Γραφική Επίλυση Συστήματος Τριών Εξισώσεων (Πηγή: <i>Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952</i>) | 15 |
| Σχήμα 2. 3 | Γραφική Επίλυση Συστήματος Τριών Εξισώσεων (Πηγή: <i>Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952</i>) | 16 |
| Σχήμα 2. 4 | Αποτελεσματικό Μέτωπο-Κυρτή Καμπύλη (Πηγή: <i>Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952</i>) | 17 |
| Σχήμα 2. 5 | Αποτελεσματικό Μέτωπο-Κοίλη Καμπύλη (Πηγή: <i>Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952</i>) | 18 |
| Σχήμα 2. 6 | Καμπύλη χρησιμότητας επενδυτή ουδέτερου προς τον κίνδυνο | 23 |
| Σχήμα 2. 7 | Καμπύλη χρησιμότητας επενδυτή που αρέσκεται στον κίνδυνο | 24 |
| Σχήμα 2. 8 | Καμπύλη χρησιμότητας συντηρητικού επενδυτή | 25 |
| Σχήμα 2. 9 | Καμπύλες αδιαφορίας συντηρητικού επενδυτή | 27 |
| Σχήμα 2. 10 | Βέλτιστο χαρτοφυλάκιο Risk-Lovers και Diversifiers για μέγιστο Κίνδυνο και Απόδοση (πηγή: <i>Tobin-Liquidity preference as a behavior towards risk-Review of economic studies</i>) | 28 |
| Σχήμα 2. 11 | Βέλτιστο χαρτοφυλάκιο Plungers για μέγιστο και ελάχιστο Κίνδυνο και Απόδοση (πηγή: <i>Tobin-Liquidity preference as a behavior towards risk-Review of economic studies</i>) | 28 |
| Σχήμα 2. 12 | Επιλογή Χαρτοφυλακίου (πηγή: <i>Tobin-Liquidity preference as a behavior towards risk-Review of economic studies</i>) | 30 |
| Σχήμα 2. 13 | Απόδοση Εταιρίας American Tobacco (Πηγή: <i>Harry Markowitz-Portfolio Selection 1959</i>) | 31 |
| Σχήμα 2. 14 | Γραφική Απεικόνιση-Κρίσιμη Ευθεία (Πηγή: <i>Harry Markowitz-Portfolio Selection 1959</i>) | 32 |
| Σχήμα 2. 15 | Προσέγγιση της μη γραμμικής συνάρτησης L_1 με τις γραμμικές L_2 (πηγή: <i>Konno-Yamazaki - Mean-Absolute Deviation Portfolio</i>) | |

| | |
|--|----|
| <i>Optimization Model and Its Applications to Tokyo Stock Market- Management Science-1991)</i> | 35 |
|--|----|

Κεφάλαιο 3^ο

| | | |
|------------|---|----|
| Σχήμα 3. 1 | Εύρεση αποτελεσματικού χαρτοφυλακίου-Ίδια τυπική απόκλιση | 47 |
| Σχήμα 3. 2 | Εύρεση Αποτελεσματικού Χαρτοφυλακίου-Περιπτώσεις Απόδοσης και Κινδύνου | 48 |
| Σχήμα 3. 3 | Μορφή του Αποτελεσματικού Μετώπου (πηγή: <i>Modern Portfolio Theory and Investment Analysis-Gruber, Elton</i>) | 49 |
| Σχήμα 3. 4 | Κυρτή-μη πραγματοποιήσιμη-μορφή Αποτελεσματικού Μετώπου (πηγή: <i>Modern Portfolio Theory and Investment Analysis-Gruber, Elton</i>) | 50 |
| Σχήμα 3. 5 | Το Χαρτοφυλάκιο Ελαχίστου Κινδύνου | 55 |
| Σχήμα 3. 6 | Εύρεση νέων Αποτελεσματικών Χαρτοφυλακίων | 56 |
| Σχήμα 3. 7 | Το Αποτελεσματικό Μέτωπο | 57 |
| Σχήμα 3. 8 | Οι περιοχές του Αποτελεσματικού Χαρτοφυλακίου | 62 |
| Σχήμα 3. 9 | Το Αποτελεσματικό μέτωπο με την προσθήκη του Χρεογράφου μηδενικού κινδύνου | 66 |

Κεφάλαιο 4^ο

| | | |
|------------|--|----|
| Σχήμα 4. 1 | Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Ισπανίας (1991-2011) | 75 |
| Σχήμα 4. 2 | Πραγματικό Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Ισπανίας 2011 | 76 |
| Σχήμα 4. 3 | Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Ισπανίας απουσία Α.Π.Ε | 76 |
| Σχήμα 4. 4 | Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Σουηδίας (1991-2011) | 78 |
| Σχήμα 4. 5 | Πραγματικό Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Σουηδίας 2011 | 79 |
| Σχήμα 4. 6 | Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Σουηδίας απουσία Α.Π.Ε | 79 |
| Σχήμα 4. 7 | Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας | |

| | | |
|-------------|--|----|
| | (1991-2011) | 80 |
| Σχήμα 4. 8 | Πραγματικό Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας 2011 | 81 |
| Σχήμα 4. 9 | Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας απουσία Α.Π.Ε | 81 |
| Σχήμα 4. 10 | Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας (1991-2011) | 82 |
| Σχήμα 4. 11 | Πραγματικό Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας 2011 | 83 |
| Σχήμα 4. 12 | Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας απουσία Α.Π.Ε | 83 |

Κεφάλαιο 5^ο

| | | |
|------------|--|----|
| Σχήμα 5. 1 | Ποσοστά καυσίμων που συντελούν το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου παρουσία ουρανίου | 89 |
| Σχήμα 5. 2 | Το αποτελεσματικό μέτωπο παρουσία ουρανίου | 90 |
| Σχήμα 5. 3 | Ποσοστά καυσίμων που συντελούν το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου απουσία ουρανίου | 91 |
| Σχήμα 5. 4 | Το αποτελεσματικό μέτωπο απουσία ουρανίου | 92 |
| Σχήμα 5. 5 | Αποτελεσματικό μέτωπο με Α.Π.Ε παρουσία ουρανίου | 94 |
| Σχήμα 5. 6 | Αποτελεσματικό μέτωπο με Α.Π.Ε απουσία ουρανίου | 95 |
| Σχήμα 5. 7 | Αποτελεσματικό μέτωπο και Πραγματικά χαρτοφυλάκια Ισπανίας-Σουηδίας χωρίς Α.Π.Ε | 98 |
| Σχήμα 5. 8 | Αποτελεσματικό μέτωπο και Πραγματικά χαρτοφυλάκια Νορβηγίας-Πορτογαλίας χωρίς Α.Π.Ε | 99 |

Κεφάλαιο 6^ο

| | | |
|------------|--|-----|
| Σχήμα 6. 1 | Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου παρουσία ουρανίου | 100 |
| Σχήμα 6. 2 | Αποτελεσματικό μέτωπο με πολυωνυμική προσέγγιση παρουσία ουρανίου | 101 |
| Σχήμα 6. 3 | Η θεωρητική προσέγγιση παρουσία ουρανίου | 105 |
| Σχήμα 6. 4 | Βελτιωμένο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Ισπανίας | 106 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Σχήμα 6. 5 | Βελτιωμένο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Σουηδίας | 107 |
| Σχήμα 6. 6 | Η θεωρητική προσέγγιση απουσία ουρανίου | 109 |
| Σχήμα 6. 7 | Βελτιωμένο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας | 110 |
| Σχήμα 6. 8 | Βελτιωμένο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας | 110 |

Περιεχόμενα Πινάκων

| | | |
|---------------|--|----|
| Πίνακας 3. 1 | Συντελεστής αυτοσυσχέτισης | 39 |
| Πίνακας 3. 2 | Elton και Gruber παράδειγμα διαφοροποίησης (πηγή: <i>Wikipedia</i>) | 45 |
| Πίνακας 4. 1 | Μέσες ενεργειακές ανάγκες ανά χώρα ανά έτος σε Mtoe | 70 |
| Πίνακας 4. 2 | Συγκεντρωτικός πίνακας ποσοστών καυσίμων ανά χώρα | 84 |
| Πίνακας 5. 1 | Απόδοση τύπων καυσίμου | 86 |
| Πίνακας 5. 2 | Τυπική απόκλιση τύπων καυσίμου | 87 |
| Πίνακας 5. 3 | Πίνακας συντελεστών αυτοσυσχέτισης καυσίμων | 87 |
| Πίνακας 5. 4 | Πίνακας Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης | 87 |
| Πίνακας 5. 5 | Απόδοση και Τυπική Απόκλιση Χαρτοφυλακίου Ελαχίστου Κινδύνου παρουσία Ουρανίου | 89 |
| Πίνακας 5. 6 | Απόδοση και Τυπική Απόκλιση Χαρτοφυλακίου Ελαχίστου Κινδύνου απουσία Ουρανίου | 92 |
| Πίνακας 5. 7 | Ποσοστά καυσίμων-Σημείο μεγιστοποίησης θ , παρουσία ουρανίου | 94 |
| Πίνακας 5. 8 | Ποσοστά καυσίμων-Σημείο μεγιστοποίησης θ απουσία ουρανίου | 96 |
| Πίνακας 5. 9 | Απόδοση και τυπική απόκλιση πραγματικών ενεργειακών χαρτοφυλακίων απουσία Α.Π.Ε | 97 |
| Πίνακας 5. 10 | Απόδοση και τυπική απόκλιση πραγματικών ενεργειακών χαρτοφυλακίων παρουσία Α.Π.Ε | 97 |

Κεφάλαιο 1^ο

Εισαγωγή στους όρους της Διαχείρισης Χαρτοφυλακίων

1.1 Βασικοί χρηματοοικονομικοί όροι που αφορούν στα Χαρτοφυλάκια

Το πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής είναι αυτό που εισάγει τον αναγνώστη στις έννοιες των χρηματοοικονομικών που απαιτούνται προκειμένου να μελετηθούν και να κατανοηθούν τα επόμενα κεφάλαια. Παρουσιάζονται όλοι οι όροι που χρειάζονται και στο τέλος του κεφαλαίου υπάρχει μια επεξήγηση των βασικών μεγεθών της στατιστικής, που χρειάζονται για την μελέτη χαρτοφυλακίων.

1.1.1 Η έννοια της Επένδυσης

Ως επένδυση (*investment*) ονομάζεται η δέσμευση κεφαλαίων για ένα χρονικό διάστημα, η οποία αναμένεται να αποφέρει πρόσθετα κεφάλαια στον επενδυτή.

Η επένδυση είναι η διαδικασία όπου τοποθετούμε τα χρήματά μας σε κάτι, περιμένοντας αυτή η κίνηση να μας αποφέρει κέρδος, συνήθως σε μακροχρόνια βάση. Αξίζει εδώ να σημειωθεί πως ο επενδυτής διατηρεί την «ελπίδα» ότι θα επιτύχει κέρδη. Η παρουσία του ρίσκου, δηλαδή του κινδύνου απώλειας μέρους ή όλων των χρημάτων που έχουν επενδυθεί, είναι εμφανής. Οι έννοιες κέρδος και ρίσκο αποτελούν λοιπόν ένα δίπολο το οποίο καθορίζει την επένδυση.

Στην συνέχεια θα αντιστοιχίσουμε τις έννοιες ρίσκο με την λέξη κίνδυνος και το κέρδος με την λέξη απόδοση. Το δίπολο απόδοση - κίνδυνος αποτελεί το κυρίαρχο αντικείμενο για κάθε μελέτη που αφορά τις επενδύσεις.

1.1.2 Η έννοια του Χαρτοφυλακίου

Ο όρος χαρτοφυλάκιο (*portfolio*) αναφέρεται σε κάθε συλλογή από χρηματοοικονομικά περιουσιακά στοιχεία όπως μετοχές, ομόλογα κ.α. Είναι εμφανές ότι χαρτοφυλάκιο μπορούν να διαθέτουν είτε ένας μεμονωμένος επενδυτής είτε μια επιχείρηση.

Βέβαια το χαρτοφυλάκιο από μόνο του αποτελεί ένα σύστημα με στοιχεία. Σε μια πρόχειρη προσέγγιση θα μπορούσαμε να το δούμε απλά σαν ένα σύνολο αμετάβλητων, σε σχέση με τον χρόνο, περιουσιακών στοιχείων. Η μεταβολή αυτών των οικονομικών στοιχείων με τον χρόνο καθώς και η αβεβαιότητα προς τις μελλοντικές τιμές του συνολικού συστήματος απαιτεί μελέτη, επεξεργασία και αλλαγές στο χαρτοφυλάκιο.

Το συμπέρασμα από τα παραπάνω είναι ότι το χαρτοφυλάκιο είναι ένας ζωντανός οργανισμός που απαιτεί την προσοχή του επενδυτή. Οι αποφάσεις του θα καθορίσουν την τύχη του χαρτοφυλακίου και σε τελικό στάδιο το αν θα επιφέρει κέρδη, καταλήγοντας ότι η διαχείριση του χαρτοφυλακίου είναι το κυρίαρχο πρόβλημα.

1.1.3 Η έννοια της Απόδοσης

Η έννοια της απόδοσης (*return*) είναι η επιστροφή οφειλόμενου ποσού ή το κέρδος που αποδίδει κάτι, όπως για παράδειγμα μια οικονομική επένδυση. Η απόδοση για ένα οικονομικό μέγεθος είναι ίσως το πιο σημαντικό στοιχείο καθώς αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για οποιαδήποτε απόφαση.

Η απόδοση της επένδυσης είναι βεβαίως ένα μετρήσιμο μέγεθος. Ορίζεται ως η μεταβολή της αξίας της επένδυσης κατά την διάρκεια του χρονικού διαστήματος για το οποίο γίνεται η μελέτη. Η μεταβολή αυτή μπορεί να εκφραστεί είτε ως αξία

(νομισματική μονάδα) είτε ως ποσοστό. Η πιο διαδεδομένη μορφή όμως είναι η ποσοστιαία η οποία είναι εύληπτη για γνώστες και μη των χρηματοοικονομικών.

Ο γενικός μαθηματικός τύπος που δίνει την απόδοση της επένδυσης παρουσιάζεται εδώ και είναι:

$$E_{\Delta t} = \frac{E_{spec} - E_0}{E_0}$$

Όπου

$E_{\Delta t}$: η απόδοση για το χρονικό διάστημα που μελετάται

E_0 : η αξία (κτήσης) ενός χρεογράφου στην αρχή της περιόδου μελέτης

E_{spec} : η αξία που πιθανολογείται να έχει το χρεόγραφο στο πέρας της περιόδου μελέτης

Η τιμή της E_0 είναι γνωστή, καθώς αναφέρεται στο παρόν. Η τιμή E_{spec} δεν μπορεί να είναι γνωστή καθώς αναφέρεται σε μια χρονική στιγμή στο μέλλον και μόνο πρόβλεψη μπορεί να γίνει. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για την πρόβλεψη αυτής της τιμής. Η προσέγγιση-πρόβλεψη αυτής της τιμής γίνεται μέσω των παρελθοντικών γνωστών τιμών του μεγέθους. Διάφορα μοντέλα υπάρχουν για την προσέγγιση αυτή όπως η μέθοδος εξομάλυνσης, μέθοδος κινητού μέσου όρου, μέθοδος εκθετικής εξομάλυνσης (Single, Holt, Winters) μέθοδος θ και άλλες. Η πιο απλή από αυτές είναι η μέση τιμή, γνωστή από την στατιστική. Έστω δείγμα n παρελθόντων τιμών και E_i η τιμή κάθε παρατήρησης, η τιμή της E_{spec} υπολογίζεται ως εξής:

$$E_{spec} = E_{mean} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

Η αξία του τύπου αυτού θα ήταν ανεκτίμητη αν δεν περιείχε την μεταβλητή E_{spec} . Η λέξη «speculated» που στα ελληνικά μεταφράζεται ως πιθανή είναι αυτή που μειώνει κάπως της αξία αυτού του τύπου. Η αξία E_{spec} είναι μια τιμή η οποία αναφέρετε στο μέλλον και συνεπώς δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με βεβαιότητα την ακριβή τιμή της. Η E_{spec} εκτιμάται μετά από πρόβλεψη και γίνεται χρήση στον τύπο της απόδοσης.

1.1.4 Η έννοια του Κινδύνου

Ως κίνδυνος (*risk*) στα οικονομικά ορίζεται η μεταβλητότητα των δυνητικών αποτελεσμάτων μιας επένδυσης γύρω από την αναμενόμενη τιμή ή τον αριθμητικό τους μέσο.

Το γεγονός ότι δεν μπορούμε να γνωρίζουμε, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, την μελλοντική τιμή μιας μεταβλητής μας οδηγεί στο να αναγνωρίσουμε την ύπαρξη του κινδύνου στην πρόβλεψή μας. Ο κίνδυνος μπορεί να μετρηθεί με την βοήθεια της επιστήμης της στατιστικής μέσω της τυπικής απόκλισης. Η ποσοτικοποίηση του κινδύνου μέσω της τυπικής απόκλισης φέρει τον «κίνδυνο» σε μορφή επεξεργάσιμη ώστε μέσω των μαθηματικών και των οικονομικών θεωριών να τον συσχετίσουμε με την απόδοση και να εξάγουμε συμπεράσματα.

Ο γενικός μαθηματικός τύπος που δίνει την τυπική απόκλιση για ένα δείγμα αποδόσεων για n περιόδους είναι:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n [E_t - E_{mean}]^2}{n}}$$

1.1.5 Η έννοια του χρεογράφου

Χρεόγραφο (*security*) σύμφωνα με την Wikipedia, είναι ένα επενδυτικό διαπραγματεύσιμο προϊόν που εκδίδεται από μια κυβέρνηση, μια εταιρεία ή κάποιο άλλο οργανισμό και αποτελεί αποδεικτικό χρέους ή δικαίωμα σε διανεμόμενα κέρδη.

Στα χρεόγραφα περιλαμβάνονται τα εξής: ομολογίες, ομόλογα τραπεζών, έντοκα γραμμάτια του Δημοσίου, μερίδια αμοιβαίων κεφαλαίων, προθεσμιακά συμβόλαια, παραστατικά απόκτησης μετοχών (*warrants*), οι μετοχές κι άλλα προϊόντα που μπορούν να διαπραγματεύονται στη χρηματοπιστωτική αγορά.

Τα χρεόγραφα στη λογιστική, είναι οι μετοχές που έχει μια επιχείρηση στο χαρτοφυλάκιο της με σκοπό τη σύντομη διάθεση τους.

Στην παρούσα διπλωματική τα χρεόγραφα θα αντιμετωπιστούν σαν στοιχεία που εμπεριέχουν απόδοση και κίνδυνο. Στην ουσία κάθε ένα χρεόγραφο θα αναπαρίσταται με ένα ζευγάρι απόδοσης - κινδύνου.

1.2 Βασικοί εξειδικευμένοι όροι που αφορούν στα Χαρτοφυλάκια

1.2.1 Μοντέλο Διαχείρισης Χαρτοφυλακίου

Ένα μοντέλο διαχείρισης χαρτοφυλακίου είναι ένας τρόπος να επεξεργάζεται κάποιος το χαρτοφυλάκιο που διαθέτει με μαθηματικούς τρόπους. Στις μέρες μας υπάρχουν πολλά μοντέλα επεξεργασίας και διαχείρισης χαρτοφυλακίου. Ο πρώτος που εισήγαγε ένα τέτοιο μοντέλο και θεωρείται ο εμπνευστής και πατέρας της διαχείρισης χαρτοφυλακίου είναι ο οικονομολόγος Χάρι Μάρκοβιτς (Harry Markowitz).

Ένα μοντέλο διαχείρισης χαρτοφυλακίου χρησιμοποιεί διάφορα μαθηματικά εργαλεία προκειμένου να διαμορφώσει την φόρμουλα στο πρόβλημα του χαρτοφυλακίου. Η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Το πρόβλημα της διαχείρισης χαρτοφυλακίου, εάν και τα πρώτα χρόνια ύπαρξης του είχε μεγάλη πολυπλοκότητα και απαιτούσε αρκετούς υπολογισμούς, στις μέρες μας αρκετά μοντέλα έχουν μειώσει την πολυπλοκότητα αυτή σε μεγάλο βαθμό. Οι λύσεις των εξισώσεων κάποιων μοντέλων απαιτούν-μέχρι και στις μέρες μας - αρκετή ώρα προκειμένου να επιλυθούν ακόμη και από τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα.

1.2.2 Η αρχή της Διαφοροποίησης

Η αρχή της διαφοροποίησης είναι μια διαδικασία κατά την οποία προσθέτουμε επενδυτικά στοιχεία σε κάποιο χαρτοφυλάκιο. Η διαδικασία αυτή βοηθά έτσι ώστε να μειωθεί ο συνολικός κίνδυνος του χαρτοφυλακίου. Μεγάλο ρόλο παίζει εδώ η συσχέτιση μεταξύ των επιμέρους επενδύσεων.

Ένα πολύ καλό παράδειγμα για να γίνει κατανοητή η διαδικασία της διαφοροποίησης είναι το επόμενο. Εάν έχω μια επένδυση 1 με απόδοση α_1 και κίνδυνο β_1 και μια

δεύτερη επένδυση με απόδοση α_2 και κίνδυνο β_2 και έστω ότι $\alpha_1 > \alpha_2$ και $\beta_1 < \beta_2$ και τις προσθέσω σε ένα χαρτοφυλάκιο, τότε μπορεί η συνολική απόδοση του χαρτοφυλακίου να μειώνεται καθώς επιμερίζεται αλλά παράλληλα επιμερίζεται και ο κίνδυνος. Συνολικά λοιπόν αν σε ένα χαρτοφυλάκιο που έχει μόνο την επένδυση 1 προσθέσω και την 2 τότε ο συνολικός κίνδυνος μειώνεται.

Ένα σημαντικό στοιχείο που διάφορες μελέτες έχουν δείξει είναι ότι καθώς προσθέτω επενδύσεις ο κίνδυνος μειώνεται ραγδαία αρχικά αλλά μετά από κάποιον αριθμό επενδύσεων η μείωση του κινδύνου γίνεται με μικρότερο ρυθμό. Εάν θεωρηθεί ότι η ίδια η αγορά αποτελεί ένα μεγάλο χαρτοφυλάκιο το οποίο έχει κίνδυνο, μετά από κάποιον αριθμό επενδύσεων το μελετώμενο χαρτοφυλάκιο έχει σχεδόν τον ίδιο κίνδυνο με αυτό της αγοράς (Wikipedia).

1.2.3 Αποτελεσματικό Χαρτοφυλάκιο

Ο όρος Αποτελεσματικό Χαρτοφυλάκιο είναι ο κύριος στόχος στην μελέτη ενός χαρτοφυλακίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν περισσότερα του ενός αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια. Αυτό θα γίνει περισσότερο σαφές αν εξηγηθεί τι ακριβώς είναι το Αποτελεσματικό Χαρτοφυλάκιο.

Αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο είναι το χαρτοφυλάκιο το οποίο για δεδομένο επίπεδο κινδύνου παρουσιάζει την μέγιστη απόδοση και παράλληλα για δεδομένο επίπεδο απόδοσης παρουσιάζει τον ελάχιστο κίνδυνο. Μια μαθηματική έκφραση των παραπάνω είναι η ακόλουθη.

Έστω το χαρτοφυλάκιο p . Το χαρτοφυλάκιο p ονομάζεται αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο εάν και μόνο εάν δεν υπάρχει χαρτοφυλάκιο q τέτοιο ώστε:

$$E(r_q) > E(r_p) \text{ και } \sigma_q \leq \sigma_p$$

1.2.4 Το μοντέλο Μέσου Διακύμανσης

Το μοντέλο μέσου διακύμανσης είναι αυτό που θα μας απασχολήσει στην συνέχεια. Εδώ θα επεξηγηθούν τα βασικότερα στοιχεία που χρειάζεται ο αναγνώστης προκειμένου να κατανοήσει πλήρως το μοντέλο.

Όπως μπορεί κανείς να καταλάβει εύκολα από το όνομα του μοντέλου τα δύο μαθηματικά εργαλεία που θα χρειαστούμε είναι η μέση τιμή και η διακύμανση. Η αναμενόμενη απόδοση θα περιγράφεται από την μέση τιμή και ο κίνδυνος από την διακύμανση. Οι σχέσεις που δίνουν την απόδοση και τον κίνδυνο αποτυπώθηκαν στα αντίστοιχα μέρη.

Το μοντέλο Μέσου-Διακύμανσης δουλεύει πρακτικά με τους συνδυασμούς E, V ή αλλιώς Απόδοσης και Κινδύνου. Το παράδειγμα που ακολουθεί θα βοηθήσει τον αναγνώστη να εννοήσει ποσοτικά τι σημαίνει Μέση Τιμή και Τυπική Απόκλιση σε μια αναμενόμενη απόδοση E.

Έστω ότι θέλουμε να επενδύσουμε σε ένα χρεόγραφο το οποίο μας «εγγυάται» αναμενόμενη απόδοση 12%. Αυτό σημαίνει ότι όταν επενδύσουμε ένα κεφάλαιο A στο χρεόγραφο αυτό, τότε τα χρήματα που θα πάρουμε πίσω μετά το τέλος της χρονικής περιόδου της επένδυσης μας θα είναι:

$$w = A + 0,12 \cdot A$$

Δηλαδή θα πάρουμε πίσω το επενδυμένο κεφάλαιο A και επιπλέον το κέρδος μας θα είναι ένα ποσοστό του A , δηλαδή η απόδοσή μας, όπως αναφέρει ο Tobin. Η περίπτωση αυτή ισχύει μόνο στην περίπτωση όπου δεν υφίσταται κίνδυνος.

Όταν ο κίνδυνος-σχεδόν πάντοτε δηλαδή-υπεισέργεται σαν συνισταμένη, αυτό σημαίνει ότι τα πράγματα αλλάζουν. Υπάρχει η περίπτωση να πάρουμε σαν κέρδος την μέση απόδοση βέβαια, αλλά υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις, όπως να μην πάρουμε καθόλου απόδοση, να πάρουμε λιγότερη από την αναμενόμενη ενδεχομένως και να χάσουμε όλο μας το κεφάλαιο. Η μεταβλητή που μας περιγράφει αυτήν την περίπτωση είναι η τυπική απόκλιση.

Κεφάλαιο 2^ο

Σημαντικές μελέτες

2.1 Harry Markowitz-Portfolio Selection-The Journal of Finance-1952

Ο Harry Markowitz με ένα άρθρο του στην εφημερίδα *The Journal of Finance* (Vol. 7, No. 1. Mar., 1952, pp. 77-91) θέτει τις βάσεις για την ανάπτυξη της σύγχρονης θεωρίας χαρτοφυλακίου. Ουσιαστικά, ο Markowitz υπήρξε καινοτόμος με αυτό του το άρθρο και οδήγησε σε μια διαφορετική αντίληψη για την επιλογή του βέλτιστου χαρτοφυλακίου και των επενδύσεων.

Η επιλογή του βέλτιστου χαρτοφυλακίου μέχρι τότε από τους επενδυτές γίνονταν με εντελώς διαφορετική σκέψη. Το δίπολο απόδοσης-κινδύνου ήταν βέβαια το βασικό στοιχείο αξιολόγησης και επιλογής αλλά με την διαφορά ότι το κάθε αξιόγραφο αντιμετωπιζόταν ξεχωριστά από τα υπόλοιπα προκειμένου να εισαχθεί στο χαρτοφυλάκιο. Επεκτείνοντας αυτή την σκέψη, το αξιόγραφο με τα καλύτερα χαρακτηριστικά απόδοσης κινδύνου εισάγονταν στο χαρτοφυλάκιο.

Ο Markowitz στο άρθρο του προτείνει την επιλογή αξιογράφων ώστε να δημιουργηθεί το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο. Το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο είναι αυτό που έχει τα καλύτερα χαρακτηριστικά απόδοσης-κινδύνου με την χρήση της μεθόδου της διαφοροποίησης, ανεξάρτητα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των επιμέρους αξιογράφων. Ουσιαστικά αντιμετωπίζει το χαρτοφυλάκιο σαν ένα σύστημα με πολλές καταστάσεις και προσπαθεί να βρει την βέλτιστη, χρησιμοποιώντας τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των στοιχείων του συστήματος.

Το σημαντικότερο σημείο στον πρόλογο του άρθρου του είναι αυτό όπου αναφέρει ότι «Η διαφοροποίηση είναι παρατηρήσιμη και λογική. Ένας κανόνας συμπεριφοράς που δεν συνεπάγεται την υπεροχή της διαφοροποίησης πρέπει να απορριφθεί και σαν υπόθεση και σαν αξίωμα».

Σύμφωνα με το άρθρο αυτό, ο Markowitz χαρακτηριστικά χωρίζει τη διαδικασία επιλογής χαρτοφυλακίου σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο ξεκινάει με την παρατήρηση και την εμπειρία και τελειώνει με τις πεποιθήσεις του επενδυτή σχετικά με το μέλλον των επιδόσεων των διαθέσιμων τίτλων. Το δεύτερο στάδιο αρχίζει με τις πεποιθήσεις σχετικά με τις μελλοντικές επιδόσεις των διαθέσιμων τίτλων και τελειώνει με την επιλογή του χαρτοφυλακίου. Ο Markowitz σημειώνει ότι το άρθρο του αφορά μόνο στο δεύτερο στάδιο, δηλαδή στην επιλογή του βέλτιστου χαρτοφυλακίου. Ακόμη αναφέρει ότι ο επενδυτής δεν πρέπει να μελετήσει μόνο την αναμενόμενη απόδοση και να αμελήσει τον κίνδυνο, αλλά πρέπει να δώσει την ίδια βαρύτητα και στα δύο.

Η επιλογή του βέλτιστου χαρτοφυλακίου, σύμφωνα με το άρθρο δεν έχει ως μοναδικό κριτήριο την μεγιστοποίηση της απόδοσης αλλά και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου. Η θεωρία που ίσχυε μέχρι τότε, δηλαδή ότι η μεγιστοποίηση της απόδοσης είναι ο μόνος στόχος του επενδυτή, απορρίπτεται και προστίθεται σε αυτήν η παράμετρος κινδύνου, η οποία πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Το δίπολο απόδοση-κίνδυνος μετά από επεξεργασία και μελέτη θα δώσει το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο. Στο άρθρο του απέδειξε γεωμετρικά τα όσα εισήγαγε σαν μοντέλο βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου.

2.1.1 Μαθηματική απόδειξη

Η αναμενόμενη απόδοση του χαρτοφυλακίου E και η τυπική απόκλιση V δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

$$E = \sum_{i=1}^n X_i \cdot \mu_i$$

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} \cdot X_i \cdot X_j$$

Στους παραπάνω τύπους με μ συμβολίζεται η αναμενόμενη απόδοση κάθε μετοχής χωριστά. Τα αντίστοιχα βάρη της κάθε επένδυσης συμβολίζονται με X για τα οποία ισχύει :

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1$$

Ο Χάρι Μάρκοβιτς αναφέρει ότι στην μελέτη του το ποσοστό κάθε χρεογράφου είναι πάντοτε θετικό, δηλαδή δεν επιτρέπονται οι πωλήσεις χρεογράφων ή ο δανεισμός. Οπότε μια βασική σχέση είναι ότι $X_i \geq 0 \forall i$.

Ο επενδυτής για δεδομένα μ και σ έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα σε πολλούς συνδυασμούς E, V οι οποίοι απεικονίζονται παρακάτω, μόνο όμως το έντονο μαύρο σύνορο αποτελεί τις βέλτιστες επιλογές για τον επενδυτή (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2. 1 Αποδοτικοί Συνδυασμοί

(Πηγή: Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952)

Ο Markowitz στο άρθρο αυτό δίνει και το παράδειγμα της θεωρίας του για την περίπτωση τριών χρεογράφων. Κάνοντας χρήση των προηγούμενων γενικών τύπων, στην περίπτωση τριών χρεογράφων έχουμε:

$$1. E = \sum_{i=1}^3 X_i \mu_i$$

$$2. V = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sigma_{ij} X_i X_j$$

$$3. \sum_{i=1}^3 X_i = 1$$

όπου μετά από ανάλυση έχουμε ότι $X_3 = 1 - X_1 - X_2$

$$4. X_i \geq 0 \text{ για } i = 1, 2, 3$$

Με την παραπάνω αντικατάσταση προκύπτει ένα σύστημα με τρεις εξισώσεις το οποίο μπορούμε να χειριστούμε εύκολα με απλή γεωμετρία. Έτσι έχουμε:

$$1. E = E(X_1, X_2)$$

$$2. V = V(X_1, X_2)$$

$$3. X_1 \geq 0 \text{ και } X_2 \geq 0 \text{ και } 1 - X_1 - X_2 \geq 0$$

2.1.2 Γεωμετρική Περιγραφή

Οι παράγραφοι που ακολουθούν περιγράφουν την γεωμετρική εξήγηση του Χάρι Μάρκοβιτς ώστε να καταλήξει στο συμπέρασμα της μεθόδου του. Θεωρήθηκε καλύτερο να μεταφραστεί επ' ακριβώς το αντίστοιχο μέρος του άρθρου του (The Journal of Finance Vol. 7, No. 1. Mar., 1952, pp. 77-91) προκειμένου να μην υπάρξουν ανακρίβειες στην διατύπωση. Τα σχήματα που συμπληρώνουν την γεωμετρική εξήγηση είναι βεβαίως τα πρωτότυπα.

Τα εφικτά χαρτοφυλάκια σύμφωνα με την γεωμετρική απόδειξη του Χάρι Μάρκοβιτς βρίσκονται μέσα στο τρίγωνο abc του σχήματος (Σχήμα 2.2 Σχήμα 2.3). Οποιοδήποτε χαρτοφυλάκιο εκτός τριγώνου παραβιάζει μια από τις συνθήκες που αναπτύχθηκαν παραπάνω. Κάθε σημείο αριστερά του X_2 παραβιάζει την συνθήκη $X_1 \geq 0$ και έτσι δεν είναι εφικτό. Κάθε σημείο κάτω από το X_1 παραβιάζει την συνθήκη $X_2 \geq 0$ και έτσι δεν είναι εφικτό. Τέλος, κάθε σημείο πάνω από την ευθεία ab παραβιάζει την συνθήκη $1 - X_1 - X_2 \geq 0$ και έτσι δεν είναι εφικτό.

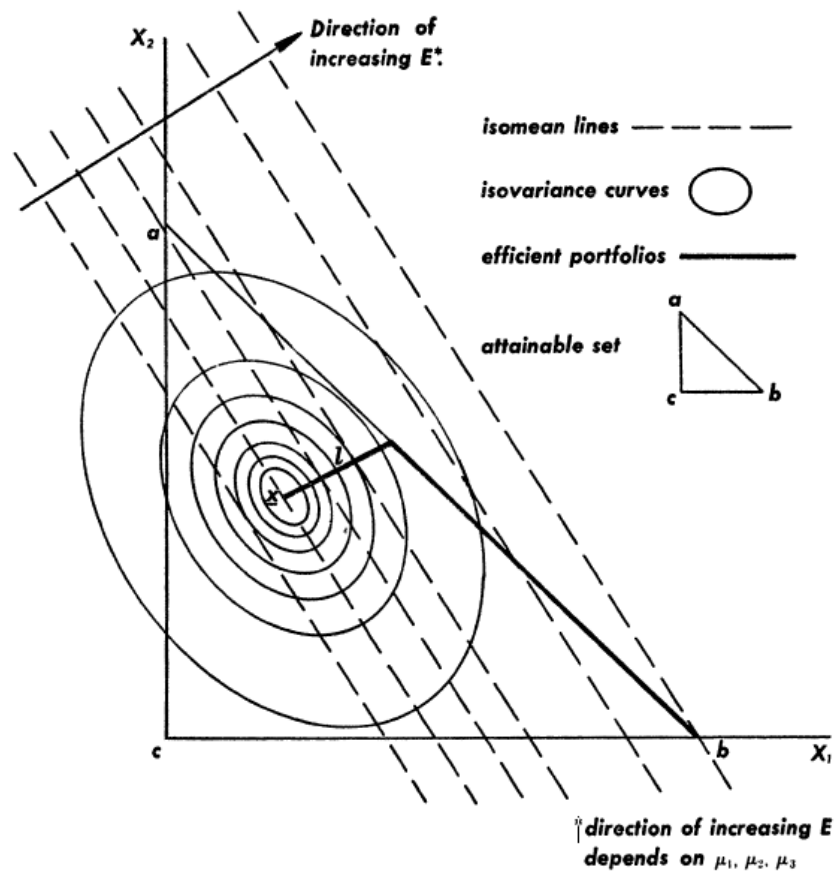
Ορίζουμε μια καμπύλη ίσου μέσου (*isomean curve*) έτσι ώστε να είναι το σύνολο όλων των σημείων (χαρτοφυλάκια) με μια δεδομένη αναμενόμενη απόδοση. Παρομοίως μία γραμμή ίσης διακύμανσης (*isovariance line*) που ορίζεται να είναι το σύνολο όλων των σημείων (χαρτοφυλάκια) με μια συγκεκριμένη διακύμανση της απόδοσης. Οι δύο αυτές μορφές καμπυλών απεικονίζονται στο σχήμα (Σχήμα 2.2). Εάν εξεταστούν προσεκτικά οι μαθηματικοί τύποι των E, V θα καταλάβουμε ότι οι καμπύλες ίσου μέσου αποτελούν μια οικογένεια παραλλήλων ευθειών και οι καμπύλες ίσης διακύμανσης μια οικογένεια ελλείψεων με κοινό κέντρο.

Έστω X το κέντρο των ελλείψεων. Αυτό μπορεί να βρίσκεται είτε εντός (Σχήμα 2.2) είτε εκτός (Σχήμα 2.3) από το εφικτό σεντ τιμών. Παίρνοντας όλα τα σημεία με την δοσμένη αναμενόμενη απόδοση E , για παράδειγμα τα σημεία μιας ευθείας. Το σημείο της ευθείας στο οποίο το V παίρνει την μικρότερη τιμή του είναι το σημείο

εκείνο όπου η ευθεία εφάπτεται σε μια έλλειψη. Ονομάζουμε αυτό το σημείο $X(E)$. Εάν δώσουμε τιμές στο E , τότε το $X(E)$ χαράσσει μια καμπύλη.

Η γραφική επίλυση των εξισώσεων, σύμφωνα με τον Markowitz, μας δείχνουν ότι αυτή η καμπύλη είναι μια ευθεία γραμμή. Θα συμβολίσουμε την κρίσιμη αυτή ευθεία με το αγγλικό ℓ . Η κρίσιμη ευθεία περνά μέσω του X για το σημείο αυτό ελαχιστοποιεί V για όλα τα σημεία με $E(X_1, X_2) = E$.

Καθώς προχωράμε σε άλλη κατεύθυνση από το X , το V αυξάνει. Το τμήμα της κρίσιμης ευθείας από το X μέχρι το σημείο όπου η κρίσιμη ευθεία διασχίζει το όριο του εφικτού συνόλου αποτελεί μέρος του αποτελεσματικού συνόλου.

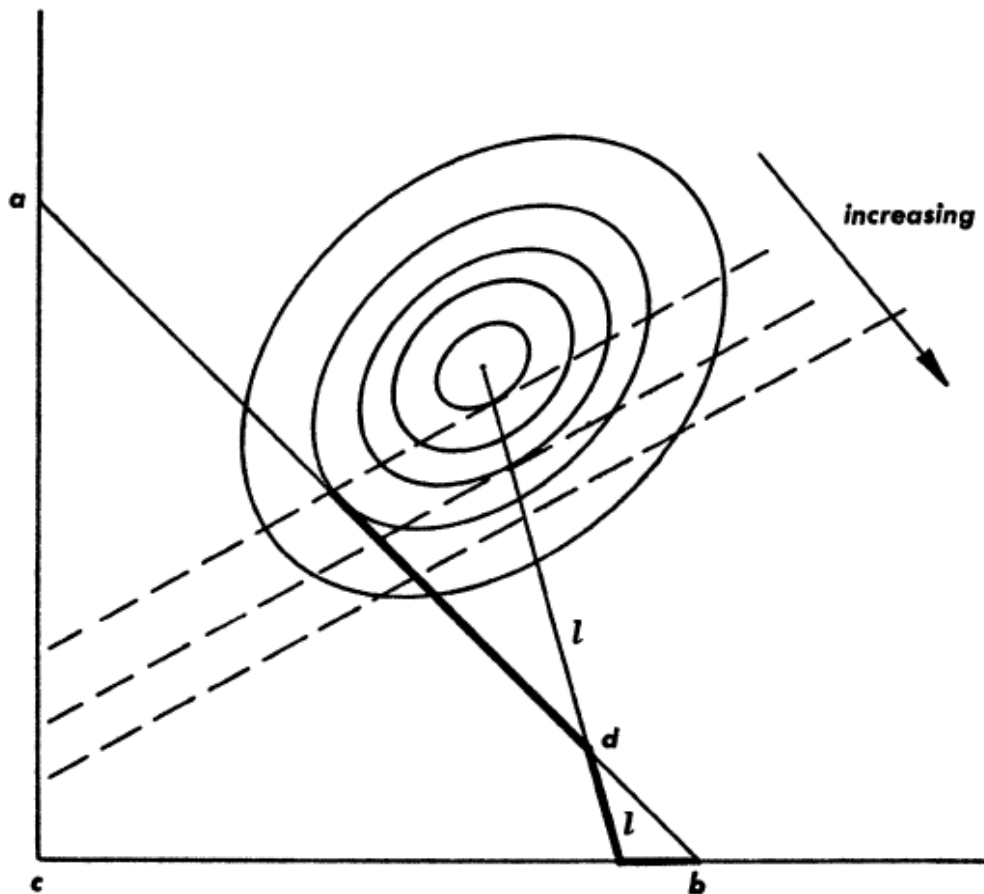


Σχήμα 2. 2 Γραφική Επίλυση Συστήματος Τριών Εξισώσεων

(Πηγή: Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952)

Το υπόλοιπο του αποτελεσματικού συνόλου είναι το τμήμα της γραμμής 3 από d για να b . Το σημείο b είναι το σημείο της μέγιστη εφικτή E .

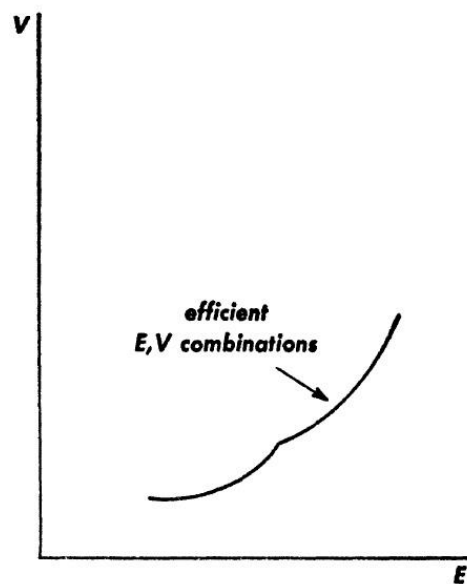
Στο σχήμα 2.3, το X βρίσκεται έξω από την παραδεκτή περιοχή, αλλά η κρίσιμη ευθεία τέμνει την παραδεκτή περιοχή. Η αποτελεσματική γραμμή ξεκινά από το εφικτό σημείο με ελάχιστη διακύμανση (στην περίπτωση αυτή επί της γραμμής Z). Κινείται προς το β έως ότου συναντήσει την κρίσιμη γραμμή, κινείται κατά μήκος της κρίσιμης γραμμής μέχρι να τέμνει ένα σύνορο και τελικά κινείται κατά μήκος του ορίου προς το b .



Σχήμα 2. 3 Γραφική Επίλυση Συστήματος Τριών Εξισώσεων

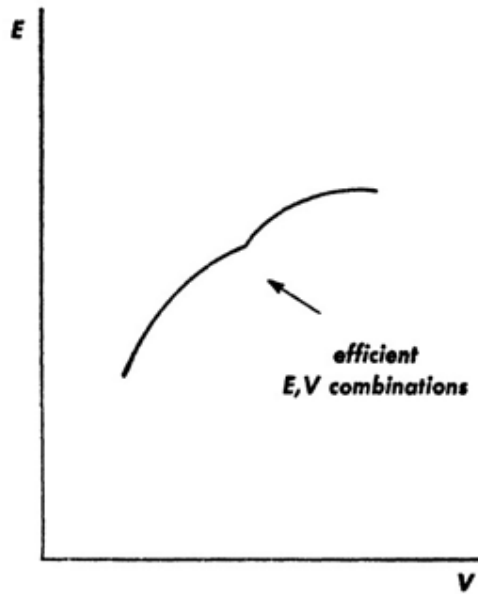
(Πηγή: Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952)

Το συμπέρασμα του Μάρκοβιτς που ισχύει όχι μόνο για τρία αλλά για περισσότερα χρεόγραφα, όπως υποστηρίζει ο ίδιος, απεικονίζεται στο Σχήμα 2.4. Τα σημεία που αποτελούν την συγκεκριμένη καμπύλη ονομάζονται αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια και η καμπύλη ονομάζεται αποτελεσματικό μέτωπο. Θα παρατηρήσει κανείς διαβάζοντας επόμενα κεφάλαια ότι η πρωτότυπη καμπύλη διαφέρει από αυτές που θα παρουσιαστούν παρακάτω. Ο Μάρκοβιτς κάνει χρήση διαγραμμάτων V-E και όχι E-V, όπως θα παρουσιάσουμε παρακάτω. Έτσι δημιουργείται μια σύγχυση ότι η καμπύλη είναι κυρτή. Αναλύοντας εδώ εν τάχει, η καμπύλη που παρουσιάζει ο Μάρκοβιτς είναι όντως κυρτή. Αν κάποιος παρατηρήσει το γεγονός αυτό, γνωρίζοντας τον ορισμό του αποτελεσματικού χαρτοφυλακίου, εύκολα θα συμπεράνει ότι είναι άτοπο καθώς η καμπύλη είναι κοίλη και όχι κυρτή. Έτσι, στο σχήμα 2.5 φαίνεται πως θα ήταν φρόνιμο είχε παρουσιαστεί η καμπύλη του αποτελεσματικού μετώπου στο πρωτότυπο σχήμα του Μάρκοβιτς για να μην υπάρχουν συγχύσεις.



Σχήμα 2. 4 Αποτελεσματικό Μέτωπο-Κυρτή Καμπύλη

(Πηγή: Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952)



Σχήμα 2. 5 Αποτελεσματικό Μέτωπο-Κοίλη Καμπύλη

(Πηγή: *Harry Markowitz-Portfolio Selection 1952*)

2.2 Tobin- Liquidity preference as a behavior towards risk- Review of economic studies-1958

Ο Αμερικανός οικονομολόγος James Tobin σε ένα άρθρο του (Liquidity preference as a behavior towards risk-Review of economic studies-1958) το 1958 με τίτλο «Η προτίμηση της ρευστότητας ως συμπεριφορά απέναντι στον κίνδυνο» επέκτεινε το μοντέλο του Harry Markowitz προσθέτοντας ορισμένα καινοτόμα στοιχεία σε αυτό. Ο Tobin στο άρθρο του αυτό τονίζει την σημασία που έχει για τον επενδυτή να κρατήσει ένα μέρος του κεφαλαίου του σε μορφή καταθέσεων που δεν περιέχουν κίνδυνο. Οι μορφές καταθέσεων που δεν περιέχουν κίνδυνο είναι οι καταθέσεις ή τα ομόλογα.

Το άρθρο στο περιοδικό Review of Economic Studies δεν παρουσιάζει μόνο την ιδέα ότι είναι απαραίτητη η επένδυση σε μορφές επένδυσης που δεν περιέχουν κίνδυνο. Ο Tobin αναλύει τους διάφορους τύπους επενδυτών και ποιο μέρος του κεφαλαίου θα ανεξαρτητοποιηθεί από τον κίνδυνο, δηλαδή το συνολικό ποσοστό της ρευστότητας.

Το κύριο θέμα που εξέτασε ο Tobin στο άρθρο του και αφορά την διαχείριση χαρτοφυλακίου είναι ο τρόπος με τον οποίο ο επενδυτής διαχωρίζει τα κεφάλαια προς επένδυση. Ο κάθε επενδυτής κρατάει, σύμφωνα και με τον Tobin, κάποιο μέρος του κεφαλαίου του σε μετρητά ενώ το υπόλοιπο το επενδύει. Μάλιστα με αυτόν τον ισχυρισμό, ερώτημα προς μελέτη θα υποστήριζαν άλλοι, προλογίζει το άρθρο του. Αναφέρει κλείνοντας τον πρόλογο του ότι «αυτό που χρειάζεται να σας εξηγήσω δεν είναι μόνο η ύπαρξη της αναγκαιότητας ρευστού όταν η απόδοσή του είναι μικρότερη από την απόδοση σε εναλλακτικά κεφάλαια αλλά και η αντίστροφη σχέση μεταξύ της συνολικής ζήτησης ρευστού και του μεγέθους αυτής της της διαφοράς σε απόδοση».

Η σχέση που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να διατυπωθεί μαθηματικά ο παραπάνω ισχυρισμός, όπου A_1 είναι το σύνολο των χρημάτων που

διατηρούνται σε ρευστό και A_2 το μέρος των χρημάτων που προορίζονται για εναλλακτικές αξίες που προσδίδουν απόδοση και A_{tot} ο συνολικός πλούτος, είναι:

$$A_{tot} = A_1 + A_2$$

Αν η παραπάνω σχέση διαιρεθεί με τον συνολικό πλούτο A_{tot} , προκύπτουν σε ποσοστά τα μεγέθη A_1, A_2 . Οπότε έχουμε:

$$\frac{A_1}{A_{tot}} + \frac{A_2}{A_{tot}} = 1$$

Αν αντιστοιχίσουμε τα παραπάνω ποσοστά ως εξής:

$$\frac{A_1}{A_{tot}} = w_1$$

$$\frac{A_2}{A_{tot}} = w_2$$

Καταλήγουμε στην σχέση όπου το ποσοστό w_1 είναι το ποσοστό των χρημάτων επί του συνολικού διαθέσιμου κεφαλαίου που διατηρούνται σε ρευστό και w_2 το ποσοστό των χρημάτων που προορίζονται για εναλλακτικές αξίες που προσδίδουν. Ισχύει λοιπόν η σχέση:

$$w_1 + w_2 = 1$$

Όπου βεβαίως ισχύει, εφόσον πρόκειται για ποσοστά, ότι:

$$0 \leq w_2 \leq 1$$

$$0 \leq w_2 \leq 1$$

Το ποσοστό που θα επενδυθεί σε ομόλογα έχει απόδοση που δίνεται από τον τύπο:

$$R = w_2(r + g)$$

Όπου r η απόδοση του ομολόγου από το κουπόνι και g η απόδοση κεφαλαίου του ομολόγου.

Βέβαια, αν σε αυτό συνυπολογιστεί ότι στα ομόλογα η αναμενόμενη απόδοση κεφαλαίου είναι μηδέν, ισχύει ότι:

$$E(R) = w_2 \cdot E(r)$$

Το οποίο μπορεί να γραφεί και ως:

$$E(R) = w_2 \cdot r$$

Ο κίνδυνος είναι ένα στοιχείο που πρέπει να συνυπολογιστεί στην μελέτη, οπότε πρέπει να το μελετήσουμε. Βεβαίως η τυπική απόκλιση της μεταβλητής r είναι ίση με το μηδέν. Συνεπώς, η τυπική απόκλιση της μεταβλητής g καθορίζει και την τυπική απόκλιση της απόδοσης. Έτσι η τυπική απόκλιση της απόδοσης δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\sigma_R = w_2 \cdot \sigma_g$$

Στην παραπάνω σχέση με σ_R συμβολίζεται ο κίνδυνος του χαρτοφυλακίου και με σ_g συμβολίζεται ο κίνδυνος της απόδοσης κεφαλαίων. Από την παραπάνω σχέση βλέπουμε ότι τα ποσά σ_R και σ_g είναι ανάλογα μεταξύ τους. Ο κίνδυνος του χαρτοφυλακίου αυξάνει όσο περισσότερο είναι το επενδυμένο σε ομόλογα κεφάλαιο. Συγκρίνοντας λοιπόν την σχέση του w_2 με τα σ_R και σ_g και εφόσον ισχύει ότι :

$$0 \leq w_2 \leq 1$$

Καταλήγουμε ότι :

$$0 \leq \sigma_R \leq \sigma_g$$

Από την παραπάνω σχέση:

$$R = w_2 \cdot r \xrightarrow{w_2 = \frac{\sigma_R}{\sigma_g}}$$

$$\mu_R = \frac{\sigma_R}{\sigma_g} \cdot r$$

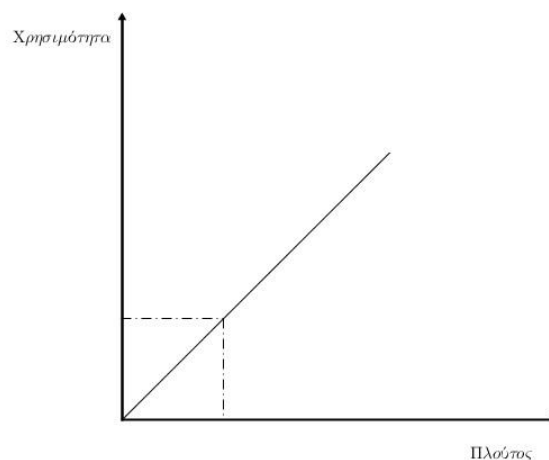
όπου μ_R είναι η μέση τιμή της αναμενόμενης απόδοσης.

Οι επενδυτές μπορούν να χωριστούν, σύμφωνα με τον Tobin, σε τρεις κατηγορίες με κριτήριο τον τρόπο επιλογής του χαρτοφυλακίου. Όταν ένας επενδυτής έχει να επιλέξει μεταξύ δύο χαρτοφυλακίων με διαφορετικό συνδυασμό απόδοσης-κινδύνου αυτό που τον επηρεάζει στην τελική του απόφαση είναι μόνο ο κίνδυνος. Έτσι οι επενδυτές μπορούν να χαρακτηριστούν με αυτό το κριτήριο ως :

1. Ουδέτεροι προς τον κίνδυνο
2. Ριψοκίνδυνοι
3. Συντηρητικοί

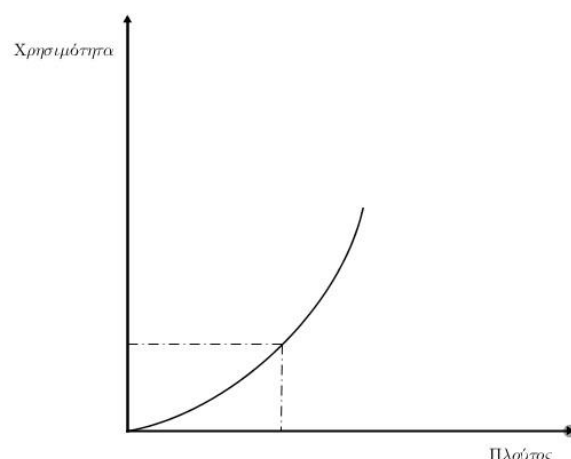
Οι δύο πρώτες κατηγορίες επενδυτών δεν απαιτούν αρκετή ανάλυση καθώς δεν θα τους χρησιμοποιήσουμε ως υπόδειγμα σε κάποια μελέτη. Η τρίτη κατηγορία όμως είναι αυτή που χρήζει περαιτέρω ανάλυσης καθώς αυτός ο τύπος επενδυτή θεωρείται αντιπροσωπευτικός και χρησιμοποιείται ως πρότυπο.

Ο επενδυτής που είναι ουδέτερος προς τον κίνδυνο (*risk indifferent*) ενδιαφέρεται μόνο για την απόδοση χωρίς να τον λαμβάνει υπ' όψιν. Η καμπύλη χρησιμότητας ενός επενδυτή ουδέτερου προς τον κίνδυνο είναι μια ευθεία γραμμή φαίνεται στο Σχήμα 2.6.



Σχήμα 2. 6 Καμπύλη χρησιμότητας επενδυτή ουδέτερου προς τον κίνδυνο

Ο επενδυτής που αρέσκεται στον κίνδυνο (*risk-lover*) είναι αυτός που πιστεύει ότι οι προοπτικές των κερδών του είναι μεγαλύτερες από την μαθηματική προσδοκία. Βεβαία η καμπύλη χρησιμότητας ενός τέτοιου επενδυτή έχει την μορφή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.7.

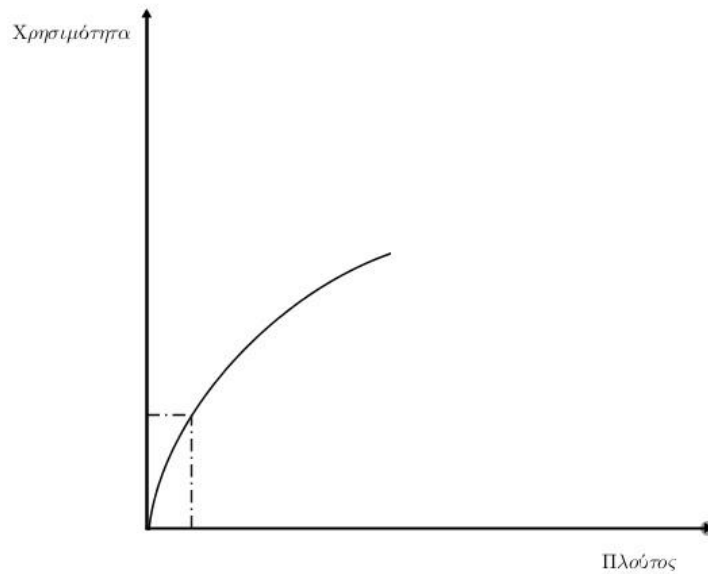


Σχήμα 2. 7 Καμπύλη χρησιμότητας επενδυτή που αρέσκεται στον κίνδυνο

Ο τρίτος τύπος είναι ο αυτός του συντηρητικού επενδυτή, τύπος ο οποίος αποτελεί το πρότυπο για τις οικονομικές μελέτες καθώς απευθύνεται στον μέσο επενδυτή και βεβαίως είναι αυτός που πιστεύει περισσότερο στην επιστήμη των μαθηματικών.

Εδώ να σημειωθεί ότι ο Τόμπιν χωρίζει τους συντηρητικούς επενδυτές σε δύο κατηγορίες δηλαδή τους διαφοροποιηθέντες (diversifiers) και τους plungers. Οι μεταφράσεις των όρων δεν είναι ακριβείς. Βέβαια από το άρθρο του Τόμπιν το συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι οι ορισμοί των plungres προέρχεται από την κλίση της καμπύλης χρησιμότητας.

Η καμπύλη χρησιμότητας του συντηρητικού επενδυτή φαίνεται στο Σχήμα 2.8.



Σχήμα 2. 8 Καμπύλη χρησιμότητας συντηρητικού επενδυτή

Η ανάλυση που ακολουθεί για την χάραξη της καμπύλης αδιαφορίας του συντηρητικού επενδυτή αποτελεί μέρος του βιβλίου του Αθανάσιου Π. Παπαδόπουλου , «Νομισματική Θεωρία και Πολιτική». Παρατίθεται εδώ μια μικρή απόδειξη για το πώς προκύπτει η καμπύλη αδιαφορίας του συντηρητικού επενδυτή.

Η καμπύλη χρησιμότητας του συντηρητικού επενδυτή δίνεται από την εξίσωση:

$$U = \alpha \cdot Y - \beta \cdot Y^2$$

Όπου τα α και β είναι σταθεροί αριθμοί.

Η αναμενόμενη απόδοση για τον επενδυτή δίνεται από τον τύπο:

$$E(U) = \alpha \cdot E(Y) - \beta \cdot E(Y^2)$$

Η $E(U)$ αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη καμπύλη χρησιμότητας. Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι $E(U) = Const$. Σύμφωνα και με το μαθηματικό μέρος, η αναμενόμενη απόδοση είναι τυχαία μεταβλητή με διακύμανση σ και μέση τιμή \bar{Y} . Οπότε αναλύοντας την τελευταία σχέση, έχουμε:

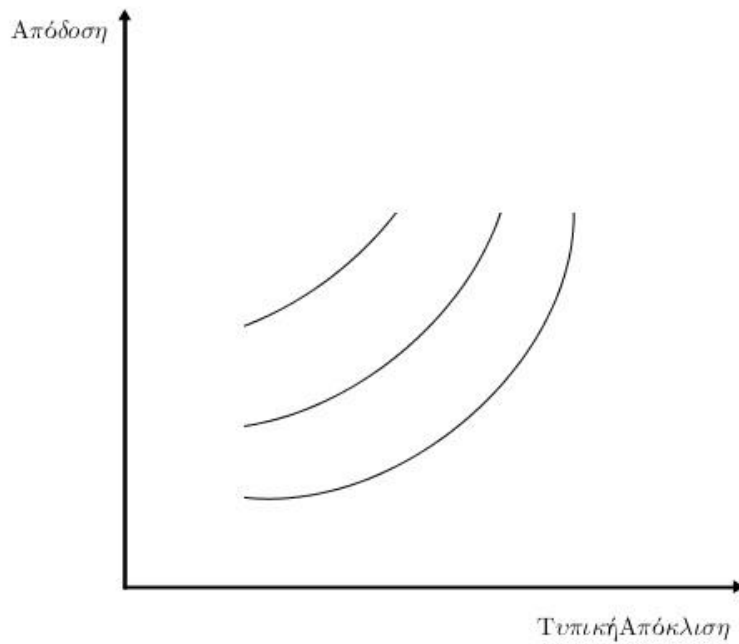
$$E \cdot Y^2 = \sigma^2 + \bar{Y}^2 \stackrel{E=C}{\implies} C = a \cdot \bar{Y} - \beta \cdot (\sigma^2 + \bar{Y}^2)$$

Η σχέση αυτή δίνει την καμπύλη αδιαφορίας του επενδυτή σε σχέση με την αναμενόμενη απόδοση $E(Y)$ και τον κίνδυνο σ . Φαίνεται ο γεωμετρικός τόπος των σημείων $(E(Y), \sigma)$ ώστε να παραμένει σταθερή η συνολική χρησιμότητα.

Η πρώτη παράγωγος της καμπύλης αδιαφορίας είναι:

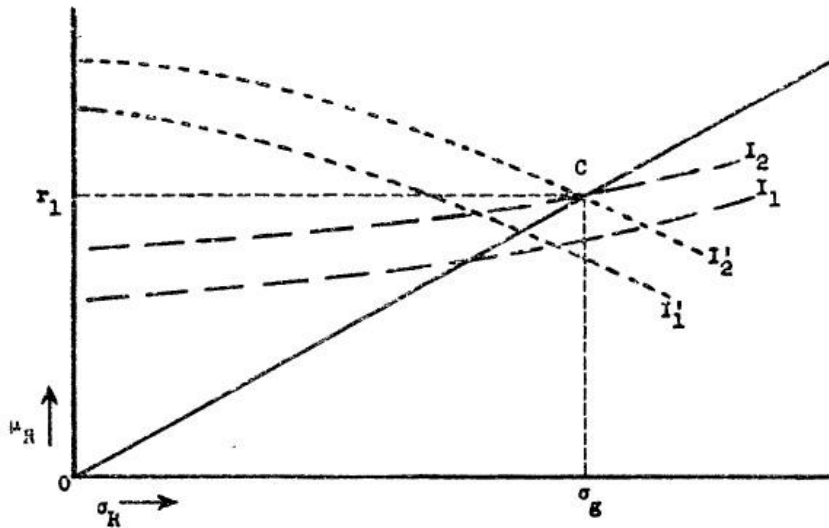
$$\frac{\partial^2 \cdot \bar{Y}}{\partial \cdot \sigma^2} = \frac{2 \cdot \beta}{\alpha - 2 \cdot \beta \cdot \bar{Y}} > 0$$

Η δεύτερη παράγωγος της καμπύλης αδιαφορίας θα είναι και αυτή θετική. Οπότε μπορούμε να σχεδιάσουμε την καμπύλη αδιαφορίας του συντηρητικού επενδυτή ως εξής στο Σχήμα 2.9.



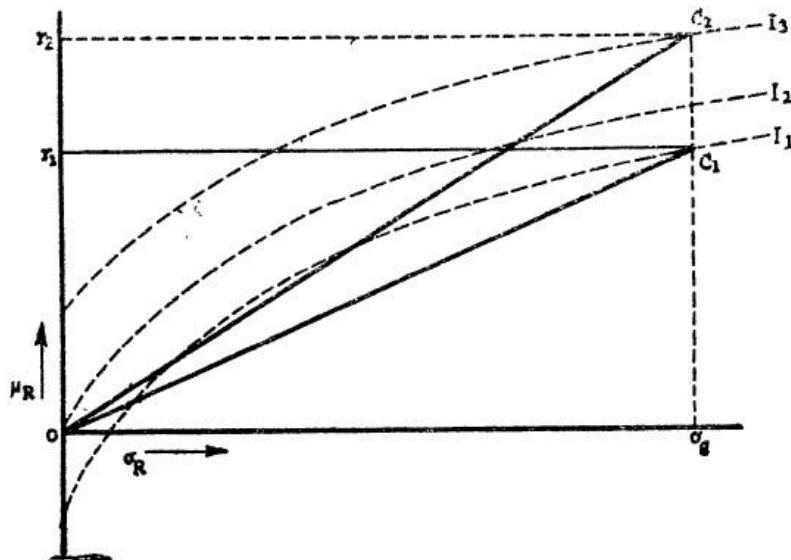
Σχήμα 2. 9 Καμπύλες αδιαφορίας συντηρητικού επενδυτή

Έτσι ο Τόμπιν χάραξε σε δύο διαγράμματα το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο. Στο πρώτο σχήμα () φαίνονται το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο για τις κατηγορίες των Risk-Lovers και Diversifiers για μέγιστο Κίνδυνο και μέγιστη Απόδοση. Η ευθεία OC αναπαριστά τον γεωμετρικό τόπο ευκαιριών και το σημείο C την μέγιστη αναμενόμενη απόδοση και τον μέγιστο κίνδυνο. Όπως αναφέρει ο Τόμπιν μέγιστη χρησιμότητα στο C προκύπτει και για τους αρεστούς στον κίνδυνο και για τους διαφοροποιηθέντες. Οι καμπύλες I_1 και I_2 είναι οι καμπύλες αδιαφορίας για έναν διαφοροποιηθέντα και οι I'_1, I'_2 οι καμπύλες αδιαφορίας για έναν αρεστό στον κίνδυνο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η κλίση των τεμνόμενων καμπυλών αδιαφορίας στο σημείο C για τους δύο επενδυτές.



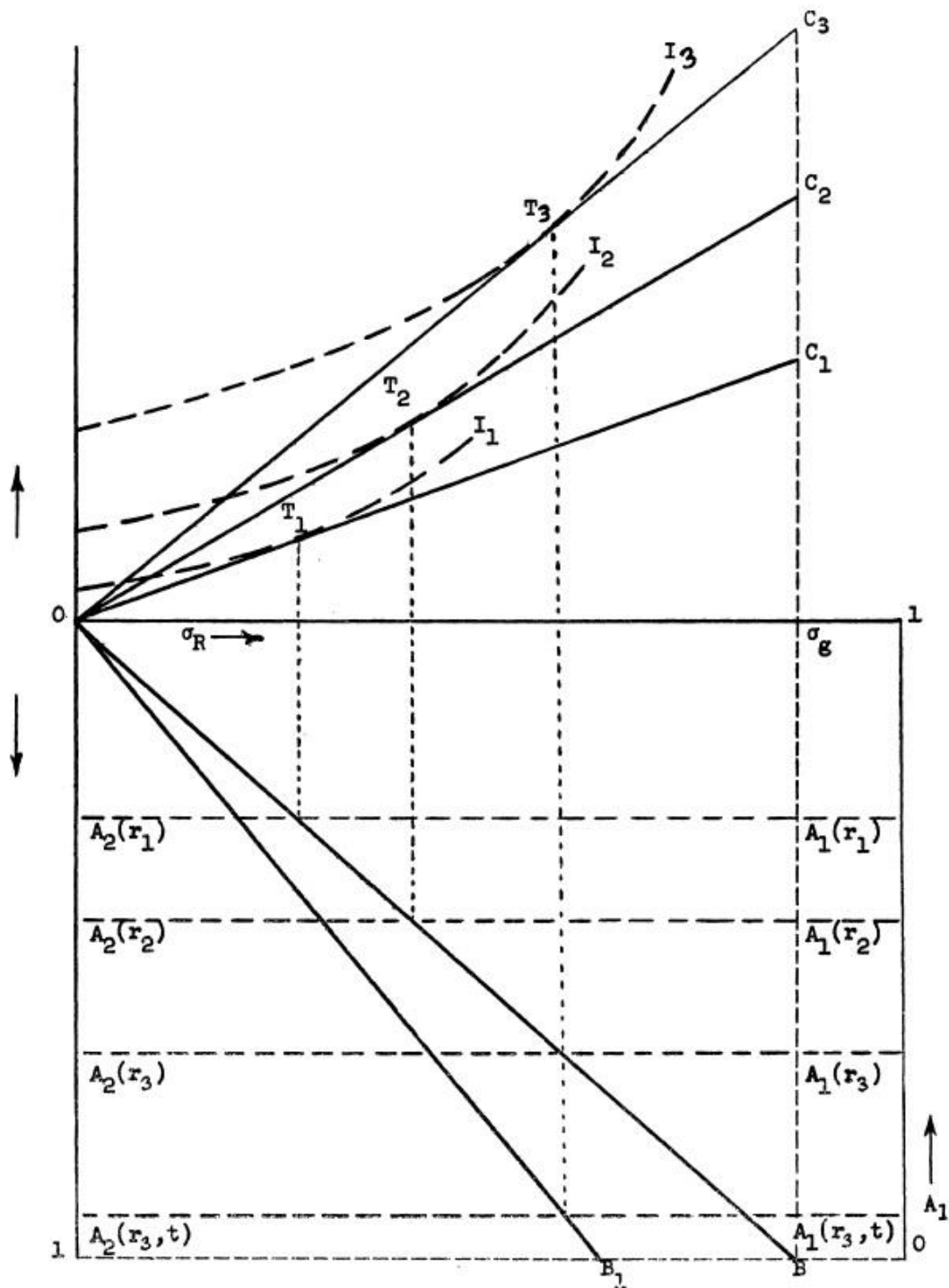
Σχήμα 2. 10 Βέλτιστο χαρτοφυλάκιο Risk-Lovers και Diversifiers για μέγιστο Κίνδυνο και Απόδοση (πηγή: *Tobin-Liquidity preference as a behavior towards risk-Review of economic studies*)

Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται οι καμπύλες αδιαφορίας για τους plungers στις περιπτώσεις μέγιστου και ελάχιστου κινδύνου και απόδοσης.



Σχήμα 2. 11 Βέλτιστο χαρτοφυλάκιο Plungers για μέγιστο και ελάχιστο Κίνδυνο και Απόδοση (πηγή: *Tobin-Liquidity preference as a behavior towards risk-Review of economic studies*)

Το τελευταίο διάγραμμα που θα δανειστούμε από τον Τόμπιν αποτελεί και το κυρίαρχο διάγραμμα του άρθρου του και ίσως το πιο κατατοπιστικό. Στον κάθετο άξονα στο θετικό ημιεπίπεδο έχουμε την Απόδοση. Στον οριζόντιο άξονα έχει τοποθετηθεί ο κίνδυνος και στον κάθετο άξονα, στο αρνητικό ημιεπίπεδο τα ποσοστά του επενδυμένου κεφαλαίου. Παράλληλα ο οριζόντιος θετικός ημιάξονας-στον οποίο έχει τοποθετηθεί ο κίνδυνος επεκτείνεται και φτάνει έως το 1, το άθροισμα δηλαδή των ποσοστών w_1 και w_2 (τα οποία στο σχήμα αναφέρονται ως A_1 και A_2). Πρόκειται στην ουσία για ένα διπλό διάγραμμα στο πάνω μέρος του οποίου αναπαρίσταται ο γεωμετρικός τόπος ευκαιριών. Οι ευθείες c_1, c_2 και c_3 αναπαριστούν τον γεωμετρικό αυτό τόπο. Η κλίση κάθε ευθείας ισούται με r/σ_g , όπου αν ανατρέξουμε στον τύπο $\mu_R = r/\sigma_g \cdot \sigma_R$ θα δούμε ότι συνδέει την απόδοση με τον κίνδυνο της επένδυσης. Ακόμη οι χαραγμένες καμπύλες I_1, I_2 και I_3 είναι οι καμπύλες αδιαφορίας. Το κάτω μέρος του διαγράμματος αποτελεί την σχέση μεταξύ κινδύνου και επενδυμένου ποσού με την γραμμή OB . Το ποσό που κρατείται σε μετρητά μπορεί να το δει κανείς στο δεξιά κάτω μέρος του διαγράμματος.

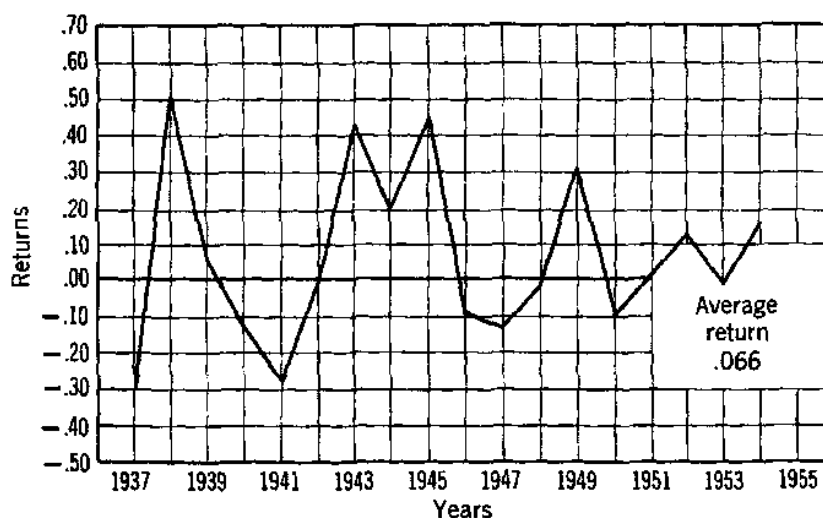


Σχήμα 2. 12 Επιλογή Χαρτοφυλακίου (πηγή: *Tobin-Liquidity preference as a behavior towards risk-Review of economic studies*)

2.3 Harry Markowitz-Portfolio Selection-1959

Ο Χάρι Μάρκοβιτς το 1959, επτά χρόνια μετά την δημοσίευση του στο περιοδικό *The Journal of Finance*, εξέδωσε το βιβλίο με τίτλο *Portfolio Selection*. Στο βιβλίο του αυτό τεκμηριώνει όλες τις σκέψεις που ανέφερε στο άρθρο του 1952.

Το βιβλίο *Portfolio Selection* πρόκειται για ένα πλήρως επιστημονικό κείμενο. Γίνεται χρήση μαθηματικών για την απόδειξη όλης της θεωρίας που στην ουσία προλόγισε το 1952. Ο Χάρι Μάρκοβιτς από την αρχή του βιβλίου του είναι αναλυτικός σε ότι περιγράφει. Σαν παράδειγμα θα τοποθετηθεί εδώ ένας πίνακας στον οποίο περιγράφει στον αναγνώστη τι ορίζεται ως μέση τιμή για την αναμενόμενη απόδοση. Βεβαίως το παρόν αποτελεί ιστορικό στοιχείο και στις μέρες μας δεν προκαλεί αίσθηση. Στην εποχή του όμως βεβαίως υπήρξε καινοτόμο. Το πρώτο κεφάλαιο της ανάλυσης του ξεκινάει λέγοντας «Είσοδοι σε μία επεξηγηματική ανάλυση χαρτοφυλακίου».



Σχήμα 2. 13 Απόδοση Εταιρίας American Tobacco

(Πηγή: *Harry Markowitz-Portfolio Selection 1959*)

2.4 Konno- Yamazaki-M.A.D-1991

Οι Hiroshi Konno και Hiroaki Yamazaki με άρθρο τους που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Management Science(vol 37, No.5 (May ,1991), p.519-531) με τίτλο “Το Μοντέλο βελτιστοποίησης Χαρτοφυλακίων Μέσης-Απόλυτης Απόκλισης και οι Εφαρμογές του στο Χρηματιστήριο του Tokyo” (Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Applications to Tokyo Stock Market) εισαγάγουν μια καινούργια μέθοδο για την διαχείριση χαρτοφυλακίων.

Η αλήθεια είναι ότι η μέθοδος MAD, η οποία ονομάζεται μέθοδος μέσης απόλυτης απόκλισης δεν είναι όσο καινοτόμα υπήρξε η μέθοδος του Χάρι Μάρκοβιτς. Βασικά η MAD στηρίζεται στην ιδέα του Μάρκοβιτς. Η μέθοδος MAD χρησιμοποιεί τα πλεονεκτήματα της μεθόδου του μοντέλου Μέσου - Διακύμανσης και απορρίπτει τα μειονεκτήματα της. Στην ουσία έκανε πιο ευέλικτη την μέθοδο προκειμένου να χρησιμοποιείται ευκολότερα από επαγγελματίες.

Η επίλυση της μεθόδου μέσου διακύμανσης αν και αρκετά σοβαρή και σίγουρη μέθοδος, δεν μπορεί να επιλυθεί με ευκολία από ηλεκτρονικούς υπολογιστές όταν ο όγκος των δεδομένων που εισάγονται ξεπερνά ένα συγκεκριμένο όριο. Όπως έχει τονιστεί η επίλυση της μεθόδου αυτής απαιτεί χρήση τετραγωνικού προγραμματισμό, πράγμα που καθιστά την πολυπλοκότητα της αρκετά μεγάλη. Οι Konno και Yamazaki παρακάμπτουν τον τετραγωνικό προγραμματισμό.

Το μοντέλο MAD σχεδιάστηκε να επιλύει προβλήματα με την χρήση γραμμικών συναρτήσεων, η επίλυση των οποίων είναι ταχύτερη των συναρτήσεων που εξάγονται από ο μοντέλο Μέσου-Διακύμανσης. Το μοντέλο , με την εφαρμογή του, δημιουργεί μια μη-γραμμική συνάρτηση και μέσω μαθηματικών δημιουργείτε μια γραμμική συνάρτηση η οποία περιγράφει την μη γραμμική. Η μέθοδος που δημιουργεί την μη γραμμική συνάρτηση ονομάζεται L1 και έχει ως πατέρα την τον Hiroshi Konno (1988) και η μέθοδος που περιγράφει την μη γραμμική συνάρτηση , δηλαδή

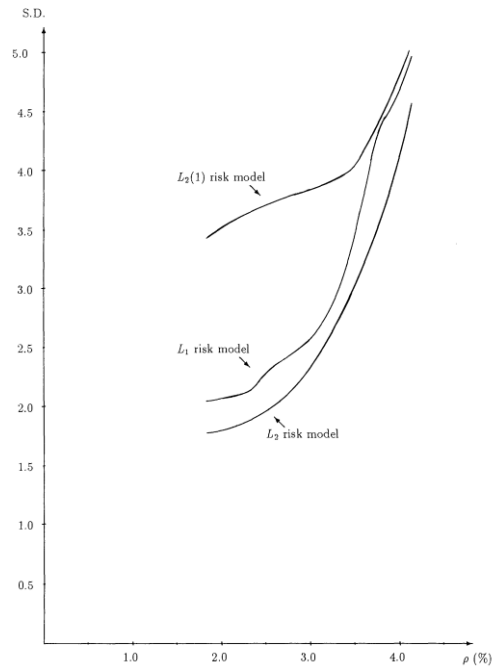
δημιουργεί τις γραμμικές συναρτήσεις ονομάζεται L2. Στο Σχήμα 2.15 φαίνονται οι δύο μέθοδοι.

Όπως αναφέρουν οι Christiano Alves Farias, Wilson da Cruz Vieira, Maurinho Luiz dos Santos (*Portfolio selection models: comparative analysis and applications to the brazilian stock market*) ,το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο του μοντέλου MAD είναι το χαρτοφυλάκιο που ελαχιστοποιεί την μέση απόλυτη απόκλιση της απόδοσης ενώ υπόκεινται στον περιορισμό μιας δοσμένης μέσης απόδοσης.

Οι συγγραφείς Konno και Yamazaki σημειώνοντας τα πλεονεκτήματα της μεθόδου MAD, αναφέρουν τέσσερα κυρίαρχα περί πολυπλοκότητας υπολογισμών. Τα βασικότερα που αναφέρουν ως πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

- A) Δεν χρειάζεται να υπολογίσουμε τον πίνακα διακύμανσης προκειμένου να στήσουμε το μοντέλο. Επίσης είναι πολύ εύκολο να ενημερώσουμε το μοντέλο όταν προκύπτουν νέα δεδομένα.
- B) Λύνοντας ένα γραμμικό πρόβλημα είναι ευκολότερο από το αντίστοιχο τετραγωνικού προγραμματισμού.

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί σε αυτή τη διπλωματική είναι η μέθοδος Μέσου-Διακύμανσης όπως προτάθηκε από τον Χάρι Μάρκοβιτς. Θεωρήθηκε απαραίτητο να αναφερθεί η μέθοδος M.A.D η οποία έχει ως βάση την μέθοδο του Μάρκοβιτς.



Σχήμα 2. 15 Προσέγγιση της μη γραμμικής συνάρτησης L_1 με τις γραμμικές L_2
 (πηγή: *Konno-Yamazaki - Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model
 and Its Applications to Tokyo Stock Market-Management Science-1991*)

Κεφάλαιο 3^ο

Μελέτη Χαρτοφυλακίων

3.1 Εισαγωγή στην Μελέτη Χαρτοφυλακίων

Η εύρεση της απόδοσης και του κινδύνου για ένα χαρτοφυλάκιο είναι πολύ σημαντική. Όπως τόνισα και στην εισαγωγή το δίπολο απόδοσης - κινδύνου είναι αυτό που καθορίζει μετά από μελέτη το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο. Ο υπολογισμός των δύο αυτών μαθηματικών μεγεθών παρουσιάζεται παρακάτω.

Στο πρώτο κεφάλαιο επεξηγήθηκαν οι όροι απόδοσης και κινδύνου και δόθηκαν οι μαθηματικοί τύποι υπολογισμού τους στην περίπτωση ενός χρεογράφου. Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει μια ανάλυση για τον ακριβή υπολογισμό στις περιπτώσεις δύο χρεογράφων αλλά και περισσοτέρων.

Η περίπτωση δύο χρεογράφων είναι ιδιαίτερα απλή καθώς στην πράξη δεν θα αντιμετωπίσουμε χαρτοφυλάκια με μόνο δύο χρεόγραφα. Η ανάλυση αυτή ωστόσο είναι ικανή να ξεδιαλύνει αρκετούς προβληματισμούς που ενδέχεται να προκύψουν όταν εξεταστεί η περίπτωση πολλών χρεογράφων.

3.2 Απόδοση και κίνδυνος σε περίπτωση δύο χρεογράφων

Όταν έχουμε δύο χρεόγραφα η απόδοσή τους υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$E(r_p) = w_1 \cdot E(r_1) + w_2 \cdot E(r_2)$$

Θεωρούμε ότι το χρεόγραφο 1 έχει απόδοση $E(r_1)$ και συμμετέχει στο χαρτοφυλάκιο με ποσοστό w_1 και όμοια και το χαρτοφυλάκιο 2 με απόδοση $E(r_2)$ και συμμετοχή στο χαρτοφυλάκιο με ποσοστό w_2 .

Ο παραπάνω τύπος προέκυψε μετά από χρήση των ιδιοτήτων της στατιστικής όπου έχουμε:

$$E(r_p) = E(w_1 \cdot r_1 + w_2 \cdot r_2) = w_1 \cdot E(r_1) + w_2 \cdot E(r_2)$$

Μελετώντας στην συνέχεια τον κίνδυνο του χαρτοφυλακίου σε περίπτωση δύο χρεογράφων θα πρέπει να εστιάσουμε στον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης του χαρτοφυλακίου. Έχοντας τα δύο χρεόγραφα και θεωρώντας ότι σ_1 και σ_2 η τυπική απόκλιση καθενός από αυτά, έχουμε:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot COV(r_1, r_2)$$

Ο τύπος αυτός φαίνεται να είναι δύσχρηστος εκ πρώτης όψεως. Η συνδιακύμανση των δύο χρεογράφων είναι ένα πάρα πολύ σημαντικό μέγεθος και καθορίζει σε ένα ποσοστό και αυτή την τιμή της τυπικής απόκλισης του χαρτοφυλακίου συνολικά.

Προκειμένου να γίνει αυτός ο τύπος πιο εύχρηστος και κατανοητός θα συνδυάσουμε την συνδιακύμανση με τον συντελεστή αυτοσυσχέτισης και τις τυπικές αποκλίσεις του κάθε χρεογράφου.

$$COV(r_1, r_2) = \rho_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2$$

Έτσι λοιπόν, ο υπολογισμός της απόδοσης και της τυπικής απόκλισης ενός χαρτοφυλακίου αποτελούμενου από δύο χρεόγραφα γίνεται από τους παρακάτω τύπους:

$$E(r_p) = w_1 \cdot E(r_1) + w_2 \cdot E(r_2)$$

Και

$$\sigma_p = \sqrt{w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + 2 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \rho_{12}}$$

Αξίζει εδώ να γίνει μια ειδική αναφορά στον συντελεστή αυτοσυσχέτισης, καθώς-όπως θα συμπεράνετε από τα παρακάτω- ο ρόλος του είναι ιδιαίτερα σημαντικός στην μελέτη των χαρτοφυλακίων.

Γενικά, ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι ένας δείκτης με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε την σχέση μεταξύ των μεταβολών δύο μεγεθών. Ειδικότερα, στην περίπτωση των χρεογράφων, αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η απόδοσή τους, η τυπική τους απόκλιση και πως αυτά συνδέονται μεταξύ τους. Προκειμένου να μπορέσουμε μαθηματικά να διατυπώσουμε αυτήν την «σχέση» χρησιμοποιούμε τον συντελεστή αυτοσυσχέτισης.

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση ας δούμε το επόμενο οικονομικό παράδειγμα. Έστω δύο χρεόγραφα όπου το ένα από αυτά είναι η μετοχή μιας εταιρίας παραγωγής τσιμέντου και το άλλο η μετοχή μιας ποδοσφαιρικής ομάδας. Πρόκειται για δύο χρεόγραφα που δεν έχουν σχέση μεταξύ τους. Αύξηση ή μείωση του ενός δεν συνεπάγεται αύξηση ή μείωση του άλλου. Έστω τώρα ότι δεν είχαμε την μετοχή μιας ποδοσφαιρικής ομάδας αλλά μιας κατασκευαστικής εταιρίας. Σε αυτήν την περίπτωση καταλαβαίνουμε ότι τα δύο χρεόγραφα έχουν μεγάλη σχέση μεταξύ τους, καθώς αύξηση ή μείωση του ενός θα είχε το ίδιο αποτέλεσμα και για το άλλο χρεόγραφο. Η τελευταία περίπτωση είναι αυτή όπου έχουμε την μετοχή μιας εταιρίας κατασκευής ενεργειακών τζακιών και μιας άλλης μελετών θέρμανσης με καυστήρες. Η αύξηση του ενός χρεογράφου οδηγεί αμέσως σε μείωση του άλλου. Όμοια με την δεύτερη περίπτωση τα χρεόγραφα έχουν μεγάλη σχέση μεταξύ τους αλλά αρνητικά.

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι το μέγεθος της «συσχέτισης» μεταξύ δύο χρεογράφων, δηλαδή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης, μπορεί να μετρηθεί. Τα άνω και κάτω όρια είναι το 1 και το -1 αντίστοιχα.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά τα όσα ειπώθηκαν και στην συνέχεια παρουσιάζονται διαγράμματα για να αντιληφθεί καλύτερα ο αναγνώστης την ύπαρξη γραμμικής σχέσης.

| Τιμή Συντελεστή Αυτοσυσχέτισης | Χρεόγραφο 1 |
|--------------------------------|--------------------------------|
| -1 | Τέλεια αρνητική γραμμική σχέση |
| 0 | Καμία γραμμική σχέση. |
| 1 | Τέλεια θετική γραμμική σχέση |

Πίνακας 3. 1 Συντελεστής αυτοσυσχέτισης

3.3 Απόδοση και κίνδυνος σε περίπτωση πολλών χρεογράφων

Η ειδική περίπτωση των δύο χρεογράφων, που παρουσιάστηκε παραπάνω, περιέχει όλα τα στοιχεία για να επεξεργαστούμε n χρεόγραφα στο παρόν υποκεφάλαιο. Η μοναδική διαφορά είναι ότι δεν θα αντιμετωπίσουμε μόνο δύο χρεόγραφα με αποδόσεις r_1 και r_2 , ποσοστά συμμετοχής στο χαρτοφυλάκιο w_1 και w_2 και τυπική απόκλιση σ_1 και σ_2 αντίστοιχα αλλά θα κάνουμε χρήση πινάκων. Έτσι θα δημιουργηθούν τρεις μήτρες μεγεθών.

Η πρώτη μήτρα r περιλαμβάνει την απόδοση κάθε χρεογράφου και έχει μέγεθος $n \times 1$ και είναι:

$$r = \begin{bmatrix} E(r_1) \\ E(r_2) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ E(r_n) \end{bmatrix}$$

Η δεύτερη μήτρα είναι αυτή που περιλαμβάνει το ποσοστό συμμετοχής κάθε χρεογράφου στο χαρτοφυλάκιο. Το μέγεθός της είναι $1 \times n$ και είναι:

$$w = [w_1, w_2 \dots w_n]$$

Η τρίτη και ίσως η περισσότερο πολύπλοκη είναι η μήτρα διακύμανσης συνδιακύμανσης. Πρόκειται για μια συμμετρική μήτρα μεγέθους $n \times n$ όπου τα στοιχεία της διαγωνίου αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση καθενός χρεογράφου και τα υπόλοιπα στοιχεία εκτός διαγωνίου αντιστοιχούν στην συνδιακύμανση των εκάστοτε χρεογράφων. Για παράδειγμα, όπως δίνεται και παρακάτω το στοιχείο της

n - γραμμής και τις πρώτης στήλης είναι η συνδιακύμανση μεταξύ των πρώτου και n-οστού χρεογράφου.

$$V = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \cdots & \sigma_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

Οι γενικοί τύποι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της απόδοσης και της τυπικής απόκλισης σε μια τέτοια περίπτωση είναι οι ακόλουθοι:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot E(r_i)$$

$$\sigma_p = \sum_{i=1}^n w_i^2 \cdot \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n w_i \cdot w_j \cdot \sigma_{ij}$$

Έχοντας ορίσει τις μήτρες r , w και v μπορούμε να προχωρήσουμε και να παρουσιάσουμε αυτούς τους τύπους με την χρήση πινάκων. Έτσι οι παραπάνω τύποι μετασχηματίζονται στους:

$$E(r_p) = r^T \cdot w$$

και

$$\sigma_p = [w^T \cdot v \cdot w]^{1/2}$$

3.4 Η αρχή της διαφοροποίησης

Πριν προχωρήσουμε σε περαιτέρω μαθηματική ανάλυση της αρχής της διαφοροποίησης θα δοθεί ένα παράδειγμα προκειμένου να κατανοηθεί ποσοτικά ο όρος «διαφοροποίηση».

Ένας επενδυτής που θέλει να δημιουργήσει ένα χαρτοφυλάκιο επενδύσεων μπορεί να επενδύσει όπως είπαμε όχι μόνο σε ένα χρεόγραφο, αλλά σε περισσότερα. Έστω λοιπόν ότι ο συγκεκριμένος επενδυτής θέλει να επενδύσει σε 5 χρεόγραφα. Η απόδοση που θα έχει από το χαρτοφυλάκιο του θα είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των επιμέρους αποδόσεων. Συνολικά λοιπόν από πλευράς απόδοσης χάνει, γιατί η απόδοση που αποκομίζει βρίσκεται μέσα στο σύνολο $[E_{min}, E_{max}]$ και άρα είναι μικρότερη της απόδοσης του πιο αποδοτικού χρεογράφου. Βέβαια εφόσον έχει επενδύσει τα χρήματα του σε πέντε χωριστά χρεόγραφα ο συνολικός κίνδυνος μειώνεται. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό αν σκεφτεί κανείς ότι έστω και ένα χρεόγραφο τον οδηγήσει σε απώλεια δεν θα συμβεί το ίδιο και με τα υπόλοιπα.

Η απόδοση όπως είπαμε είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των επιμέρους αποδόσεων και δίνεται από τον τύπο:

$$E(r_p) = w_1 \cdot E(r_1) + w_2 \cdot E(r_2) + \dots + w_n \cdot E(r_n)$$

και η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ των ορίων $[E_{min}, E_{max}]$.

Η τυπική απόκλιση του χαρτοφυλακίου δίνεται από τον τύπο:

$$\sigma_p = \sum_{i=1}^n w_i^2 \cdot \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n w_i \cdot w_j \cdot \sigma_{ij}$$

Προκειμένου να αποδείξουμε ότι η διαφοροποίηση μειώνει τον κίνδυνο θα κάνουμε τις εξής παραδοχές.

Ο επενδύτης ισοδιανέμει το κεφάλαιο σε κάθε χρεόγραφο. Οπότε $w_i = \frac{w}{n}$. Επίσης η συνδιακύμανση θεωρούμε ότι μπορεί να πάρει τιμές σε όλο το διάστημα. Έστω αρχικά ότι μελετάμε για $\sigma_{ij}=0$.

Η τυπική απόκλιση του χαρτοφυλακίου τώρα γίνεται:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i^2 \cdot \sigma_i^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{w_{ολ}^2}{n^2} \cdot \sigma_i^2}$$

Επειδή όμως το w αναφέρεται σε ποσοστά, το $w_{ολ}$ ισούται με την μονάδα. Οπότε:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \bar{\sigma}^2}$$

Όπου συμβολίσαμε με $\bar{\sigma}^2$ την μέση τιμή των τυπικών αποκλίσεων του χαρτοφυλακίου.

Όπως βλέπουμε από τον παραπάνω τύπο όσο ο αριθμός των επενδύσεων αυξάνει τόσο μειώνεται ο κίνδυνος. Θεωρητικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι όταν οι επενδύσεις που αποτελούν ένα χαρτοφυλάκιο τείνουν προς το άπειρο τότε ο συνολικός κίνδυνος μειώνεται ραγδαία. Αυτό βεβαίως είναι απλώς μια μαθηματική παραδοχή και όχι μια πραγματικότητα.

Αντίστοιχα μελετώντας και την περίπτωση όπου η συνδιακύμανση δεν μηδενίζεται, έχουμε τον παρακάτω τύπο:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i^2}{n^2} + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{n} \cdot \sigma_{ij}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i^2}{n} + \frac{n-1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{\sigma_{ij}}{n \cdot (n-1)}}$$

Το 1977 ο Elton και Gruber ^[1] εργάστηκαν σε ένα εμπειρικό παράδειγμα των κερδών από τη διαφοροποίηση. Η προσέγγισή τους ήταν να εξετάσουν έναν πληθυσμό 3290 τίτλων που διατίθενται για πιθανή ένταξη σε ένα χαρτοφυλάκιο, και να ληφθεί υπόψη ο μέσος κίνδυνος για όλα τα πιθανά τυχαία επιλεγμένα n- στοιχείων χαρτοφυλάκια με ίσες ποσότητες να περιλαμβάνονται στο κάθε περιουσιακό στοιχείο, για διάφορες τιμές του n. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο παρακάτω πίνακα. Μπορεί να φανεί ότι τα περισσότερα κέρδη από τη διαφοροποίηση έρχονται για $n \leq 30$.

Το άρθρο μπορεί να το αναζητήσει κανείς στον ιστότοπο της Wikipedia® στην διεύθυνση [http://en.wikipedia.org/wiki/Diversification_\(finance\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Diversification_(finance)).

1. E. J. Elton και Gruber MJ, "Μείωση των κινδύνων και το μέγεθος του χαρτοφυλακίου: Μια αναλυτική λύση," Journal of Business 50 (Οκτωβρίου 1977), σελ. 415-37

| Number of Stocks in Portfolio | Average Standard Deviation of Annual Portfolio Returns | Ratio of Portfolio Standard Deviation to Standard Deviation of a Single Stock |
|-------------------------------|--|---|
| 1 | 49.24% | 1.00 |
| 2 | 37.36 | 0.76 |
| 4 | 29.69 | 0.60 |
| 6 | 26.64 | 0.54 |
| 8 | 24.98 | 0.51 |
| 10 | 23.93 | 0.49 |
| 20 | 21.68 | 0.44 |
| 30 | 20.87 | 0.42 |
| 40 | 20.46 | 0.42 |
| 50 | 20.20 | 0.41 |
| 400 | 19.29 | 0.39 |
| 500 | 19.27 | 0.39 |
| 1000 | 19.21 | 0.39 |

Πίνακας 3. 2 Elton και Gruber παράδειγμα διαφοροποίησης (πηγή: Wikipedia)

3.5 Αποτελεσματικό Χαρτοφυλάκιο

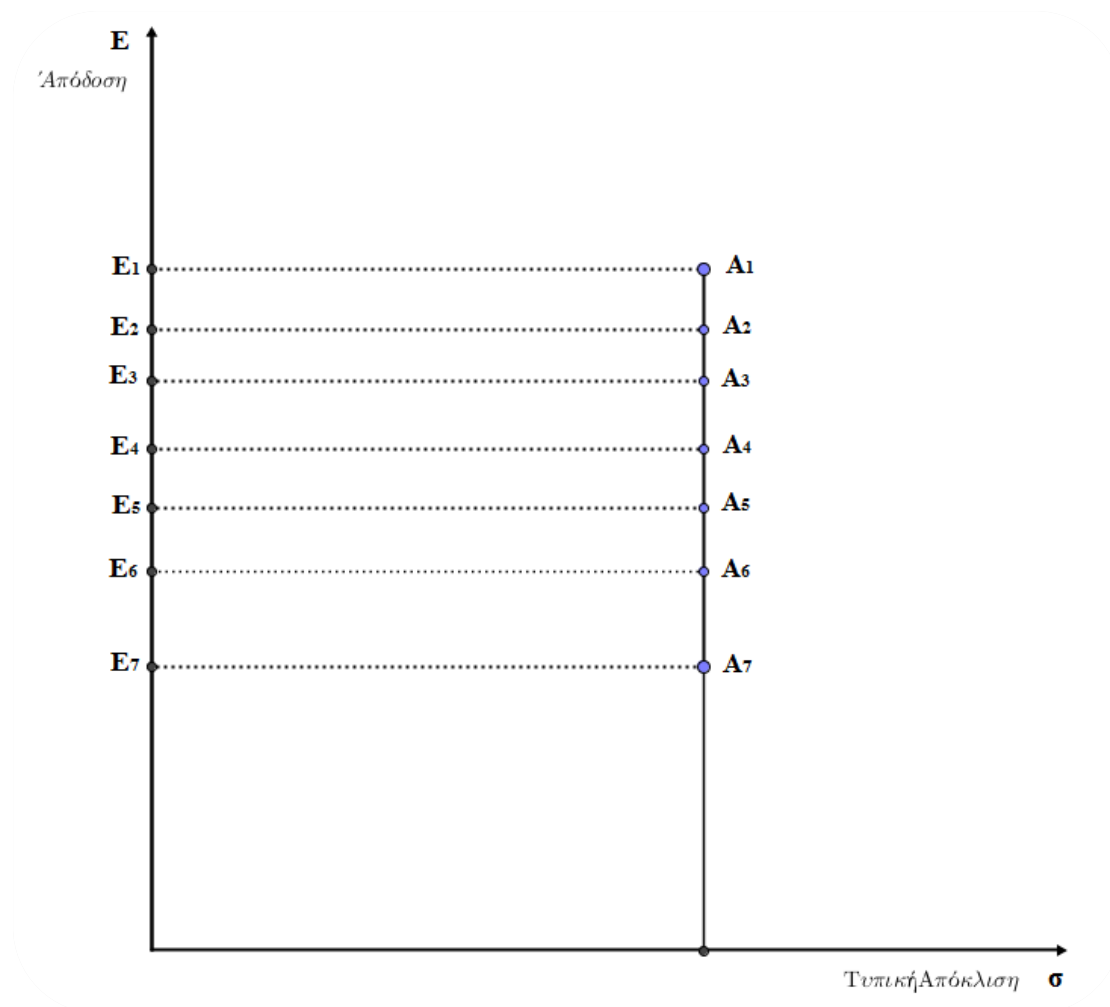
Ο όρος Αποτελεσματικό Χαρτοφυλάκιο (*efficient portfolio*)-τον οποίο συναντήσαμε και στην παρουσίαση της μελέτης του Χάρι Μάκοβιτς-είναι ο κύριος στόχος στην μελέτη ενός χαρτοφυλακίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν περισσότερα του ενός αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια. Αυτό θα γίνει περισσότερο σαφές αν εξηγηθεί τι ακριβώς είναι το Αποτελεσματικό Χαρτοφυλάκιο.

Αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο είναι το χαρτοφυλάκιο το οποίο για δεδομένο επίπεδο κινδύνου παρουσιάζει την μέγιστη απόδοση και παράλληλα για δεδομένο επίπεδο απόδοσης παρουσιάζει τον ελάχιστο κίνδυνο. Μια μαθηματική έκφραση των παραπάνω είναι η ακόλουθη.

Έστω το χαρτοφυλάκιο p . Το χαρτοφυλάκιο p ονομάζεται αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο εάν και μόνο εάν δεν υπάρχει χαρτοφυλάκιο q τέτοιο ώστε:

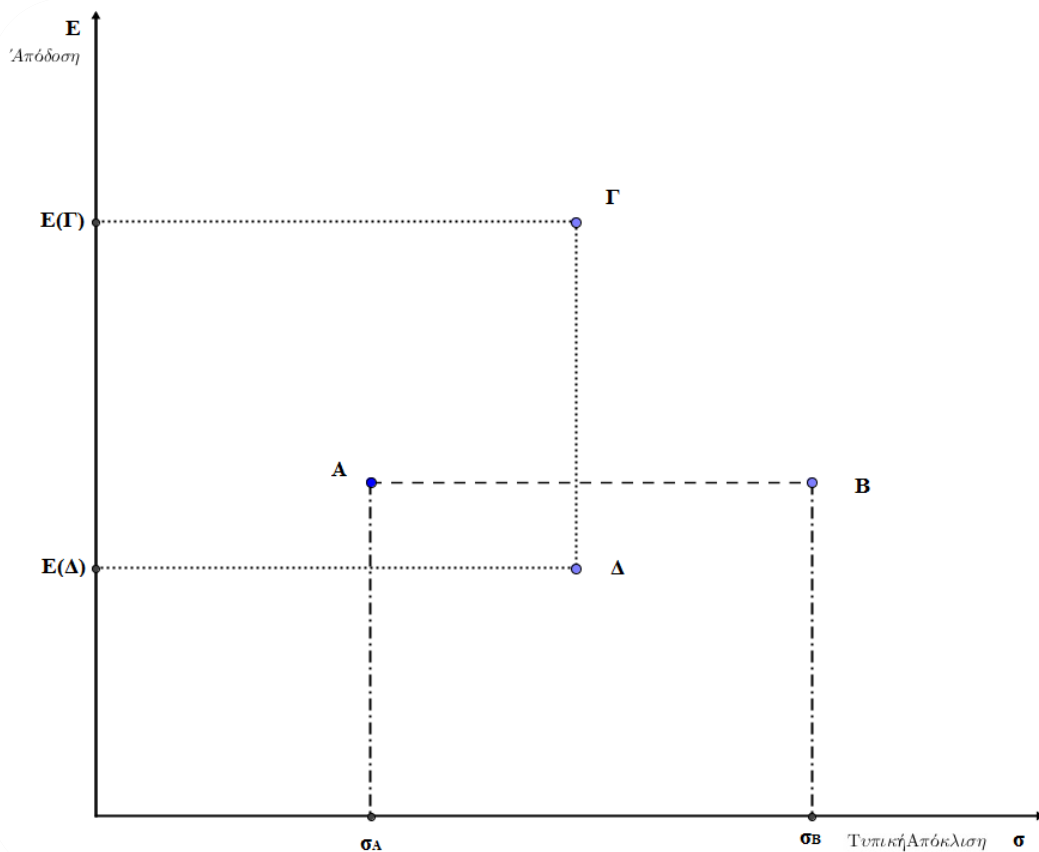
$$E(r_q) > E(r_p) \text{ και } \sigma_q \leq \sigma_p$$

Στο Σχήμα 3.1 μπορούμε να παρατηρήσουμε εφτά χαρτοφυλάκια που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο κινδύνου. Έστω ότι οι αποδόσεις σε αυτήν την τιμή τυπικής απόκλισης μπορούν να πάρουν τιμές στο $[E_1, E_7]$. Τα $A_1 \dots A_7$ είναι άλλες μορφές του ίδιου γραμμικού συνδυασμού χρεογράφων. Ο συνδυασμός, δηλαδή το χαρτοφυλάκιο, ο οποίος θεωρείται αποτελεσματικός είναι το χαρτοφυλάκιο A_1 .



Σχήμα 3. 1 Εύρεση αποτελεσματικού χαρτοφυλακίου - Ίδια τυπική απόκλιση

Για την καλύτερη κατανόηση του αποτελεσματικού χαρτοφυλακίου και όσον αφορά την τυπική απόκλιση δίνεται και το Σχήμα 3.2, όπου παρουσιάζονται δύο ομάδες χαρτοφυλακίων, μια για κάθε περίπτωση.



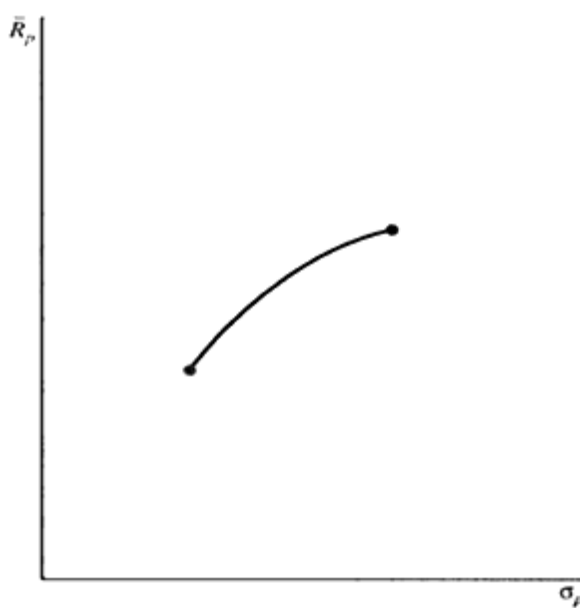
Σχήμα 3. 2 Εύρεση Αποτελεσματικού Χαρτοφυλακίου-Περιπτώσεις Απόδοσης και Κινδύνου

Στην πρώτη περίπτωση βλέπουμε δύο χαρτοφυλάκια με ίδια τυπική απόκλιση. Μεταξύ των δύο και έστω ότι αποτελούν τα άκρα (όρια) επιλογής για το συγκεκριμένο επίπεδο κινδύνου για τα επιλεγμένα χρεόγραφα, βλέπουμε ότι το Γ έχει καλύτερη απόδοση από το Δ και εφόσον αποτελεί το άνω όριο, αφού συγκρίνουμε αποδόσεις, είναι το αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο γι' αυτό το επίπεδο κινδύνου.

Στην δεύτερη περίπτωση βλέπουμε δύο χαρτοφυλάκια με ίδια απόδοση. Μεταξύ των δύο και έστω ότι αποτελούν τα άκρα (όρια) επιλογής για το συγκεκριμένο επίπεδο απόδοσης για τα επιλεγμένα χρεόγραφα, βλέπουμε ότι το Α περιλαμβάνει μικρότερο κίνδυνο από το Β και εφόσον αποτελεί το κάτω όριο, αφού συγκρίνουμε τυπικές αποκλίσεις, είναι το αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο γι' αυτό το επίπεδο απόδοσης.

3.6 Αποτελεσματικό Σύνορο

Από τα παραπάνω εύκολα μπορεί να συμπεράνει κάποιος το προφανές, δηλαδή ότι δεν υπάρχει μόνο ένα αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο. Τα αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια συνθέτουν έναν γεωμετρικό τόπο, ο οποίος ονομάζεται αποτελεσματικό σύνορο (efficient frontier). Το αποτελεσματικό σύνορο, λοιπόν, είναι ο γεωμετρικός τόπος των στοιχείων εκείνων που ορίζονται ως αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ποιοτικά η μορφή του Αποτελεσματικού συνόρου.



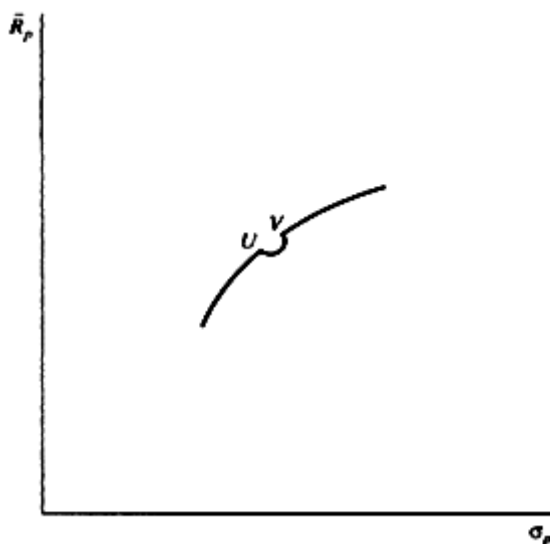
Σχήμα 3. 3 Μορφή του Αποτελεσματικού Μετώπου

(πηγή: *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis-Gruber, Elton*)

Αξίζει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα άκρα του γεωμετρικού τόπου του Αποτελεσματικού συνόρου. Το αριστερότερο άκρο, το σημείο X_1 ονομάζεται Χαρτοφυλάκιο Ελαχίστου Κινδύνου. Εύκολα μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι είναι το μοναδικό εκ των αποτελεσματικών χαρτοφυλακίων που έχει το μικρότερο επίπεδο

κινδύνου, καθώς βρίσκεται στο αριστερό άκρο του διαγράμματος Απόδοσης-Κινδύνου. Επίσης έχει την μικρότερη απόδοση. Αυτή η σημαντική σχηματική παρατήρηση θα μας βοηθήσει στην συνέχεια να αναλύσουμε μαθηματικά τον υπολογισμό του αποτελεσματικού μετώπου.

Μια σημαντική παρατήρηση που μπορεί να κάνει κάποιος βλέποντας το παραπάνω γράφημα είναι ότι ο γεωμετρικός τόπος του αποτελεσματικού μετώπου είναι πάντα μια κοίλη συνάρτηση. Η περίπτωση να είναι κυρτή απορρίπτεται λόγω του ότι θα υπήρχαν σημεία με διαφορετική απόδοση σε ίδιο επίπεδο κινδύνου, πράγμα που είναι άτοπο από τον ορισμό του αποτελεσματικού χαρτοφυλακίου. Στο επόμενο γράφημα φαίνεται ένα κυρτό τμήμα στην καμπύλη του αποτελεσματικού μετώπου. Αυτό είναι άτοπο και δεν πρόκειται να συναντήσουμε τέτοιου είδους καμπύλη σε αποτελεσματικό μέτωπο.



Σχήμα 3. 4 Κυρτή - μη πραγματοποιήσιμη-μορφή Αποτελεσματικού Μετώπου

(πηγή: *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis-Gruber, Elton*)

3.7 Υπολογισμός Αποτελεσματικού μετώπου στην περίπτωση 2 χρεογράφων

Θα αναλυθεί εδώ ο τρόπος υπολογισμού του αποτελεσματικού μετώπου για την περίπτωση δύο χρεογράφων.

Όπως αναλύθηκε, το κατώτερο σημείο του αποτελεσματικού μετώπου, το αριστερότερο άκρο του δηλαδή, είναι το αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο που έχει την ιδιότητα να έχει μεταξύ όλων των αποτελεσματικών τον ελάχιστο κίνδυνο. Ονομάστηκε Χαρτοφυλάκιο Ελαχίστου Κινδύνου. Το πρώτο βήμα στην εύρεση του Αποτελεσματικού Συνόρου είναι η εύρεση του Χαρτοφυλακίου Ελαχίστου Κινδύνου.

Θεωρούμε ότι το χρεόγραφο 1 έχει απόδοση $E(r_1)$ και συμμετέχει στο χαρτοφυλάκιο με ποσοστό w_1 και η τυπική αποκλιση σ_1 είναι και όμοια και το χαρτοφυλάκιο 2 με απόδοση $E(r_2)$ και συμμετοχή στο χαρτοφυλάκιο με ποσοστό w_2 και τυπική απόκλιση σ_2 .

Στόχος μας είναι η εύρεση των ποσοστών συμμετοχής w_1 και w_2 των δύο χρεογράφων στο χαρτοφυλάκιο, έτσι ώστε να υπολογίσουμε το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου.

Η τυπική απόκλιση του χαρτοφυλακίου δίνεται από τον τύπο:

$$\sigma_p = \sqrt{w_1^2 \cdot \sigma_1^2 + w_2^2 \cdot \sigma_2^2 + 2 \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \rho_{12}}$$

Η περίπτωση που εξετάζουμε περιλαμβάνει μόνο δύο χαρτοφυλάκια οπότε τα ποσοστά συμμετοχής ισούνται με την μονάδα. Έχουμε λοιπόν την παρακάτω εξίσωση:

$$w_1 + w_2 = 1 \Rightarrow w_2 = 1 - w_1$$

Εφόσον θέλουμε να βρούμε τα ποσοστά w_1 και w_2 για τα οποία ο συνολικός κίνδυνος, δηλαδή η τυπική απόκλιση ελαχιστοποιείται, θα κάνουμε χρήση της πρώτης παραγώγου της τυπικής απόκλισης, την οποία θα θέσουμε ίση με το μηδέν. Προκειμένου να μειώσουμε κατά μια τις μεταβλητές στην εξίσωση θα αντικαταστήσουμε το w_2 με τον παραπάνω τύπο.

Λύνοντας την εξίσωση:

$$\frac{d\sigma_p}{dw_1} = 0$$

Παίρνουμε σαν αποτέλεσμα το ποσοστό συμμετοχής της πρώτης επένδυσης συναρτήσει των τυπικών αποκλίσεων των δύο χρεογράφων σ_1, σ_2 και του συντελεστή αυτοσυσχέτισης ρ_{12} .

$$w_1 = \frac{\sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \rho_{12}}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \rho_{12}}$$

Βεβαίως το ποσοστό συμμετοχής του δευτέρου χρεογράφου στο Χαρτοφυλάκιο Ελαχίστου Κινδύνου βρίσκεται από τον τύπο:

$$w_2 = 1 - w_1$$

Προκειμένου να γίνει δείξουμε πως επηρεάζει ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης ρ_{12} την παραπάνω σχέση, θα πάρουμε τις οριακές τιμές του και θα εξάγουμε αποτελέσματα.

Θεωρούμε πρώτα την περίπτωση όπου τα δύο χρεόγραφα είναι ασυσχέτιστα, δηλαδή ισχύει ότι $\rho_{12}=0$. Για την περίπτωση αυτή έχουμε:

$$w_1 = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

$$w_2 = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 \cdot \sigma_2^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$$

Η δεύτερη περίπτωση είναι αυτή όπου $\rho_{12}=1$, δηλαδή πλήρως συσχετισμένα χρεόγραφα και τα αποτελέσματα είναι τα ακόλουθα:

$$w_1 = \frac{\sigma_2}{\sigma_2 - \sigma_1}$$

$$w_2 = \frac{\sigma_1}{\sigma_1 - \sigma_2}$$

Εδώ υπάρχει η εξής σημαντική παρατήρηση. Στο χαρτοφυλάκιο τα ποσοστά συμμετοχής των χρεογράφων πρέπει να είναι θετικοί αριθμοί. Από την παραπάνω λύση για το w_1 ποσοστό, προκειμένου να ισχύει ότι $X_i \geq 0$ θα πρέπει να ισχύει ότι $\sigma_2 > \sigma_1$. Αντίστοιχα από την παραπάνω λύση για το w_2 ποσοστό, προκειμένου να

ισχύει ότι $X_i \geq 0$ θα πρέπει να ισχύει ότι $\sigma_1 > \sigma_2$. Ως εκ τούτου, είναι αντιληπτό ότι οι δύο σχέσεις οδηγούν στο γεγονός ότι θα τοποθετηθούν χρήματα είτε στο ένα χρεόγραφο είτε στο άλλο και όχι και στα δύο. Εδώ γίνεται ιδιαίτερα εμφανής η πρόταση του Μάρκοβιτς για την ανάγκη διαφοροποίησης στην σύνθεση ενός χαρτοφυλακίου.

Η τελευταία περίπτωση είναι αυτή όπου τα δύο χρεόγραφα είναι αρνητικά πλήρως συσχετισμένα, οπότε $\rho_{12} = -1$:

$$w_1 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

$$w_2 = \frac{\sigma_1}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

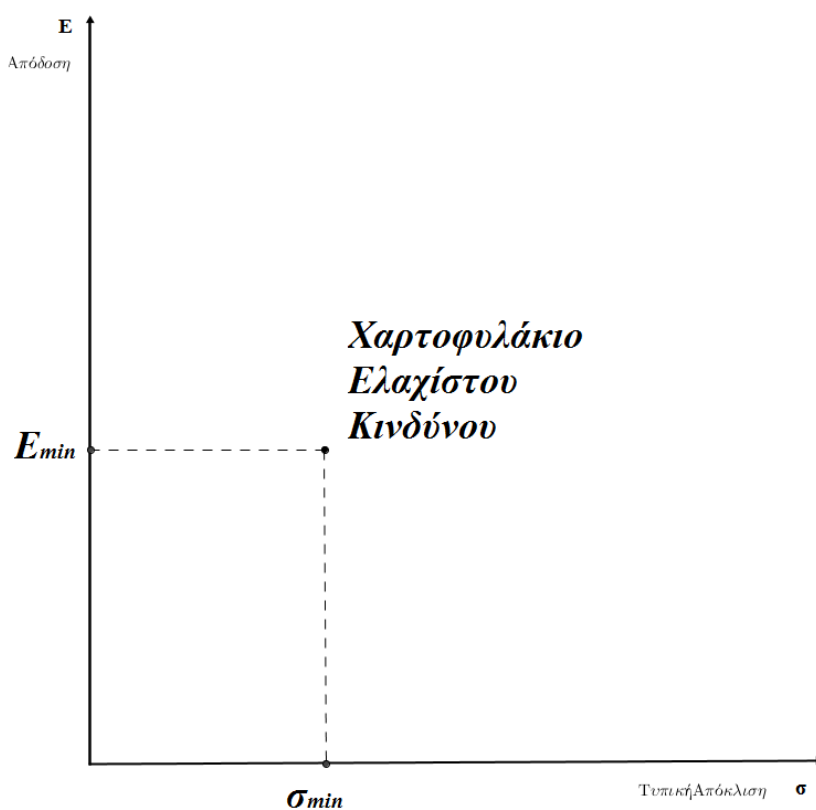
$$\sigma_p = 0$$

Η πιο σημαντική παρατήρηση εδώ είναι ο μηδενικός κίνδυνος μετά τον συνδυασμό των δύο χρεογράφων. Η τυπική απόκλιση προκύπτει ίση με το μηδέν, πράγμα που σημαίνει ότι ο κίνδυνος έχει ελαχιστοποιηθεί. Φαίνεται ξεκάθαρα εδώ η αξία της μεθόδου του διαχωρισμού. Αξίζει να σημειωθεί βέβαια ότι πρόκειται για μια οριακή περίπτωση, πράγμα που σημαίνει ότι δεν θα βρω μηδενικό κίνδυνο αλλά θα μπορώ να τον ελαχιστοποιώ.

3.8 Εύρεση Αποτελεσματικού Συνόρου στην περίπτωση n αξιογράφων

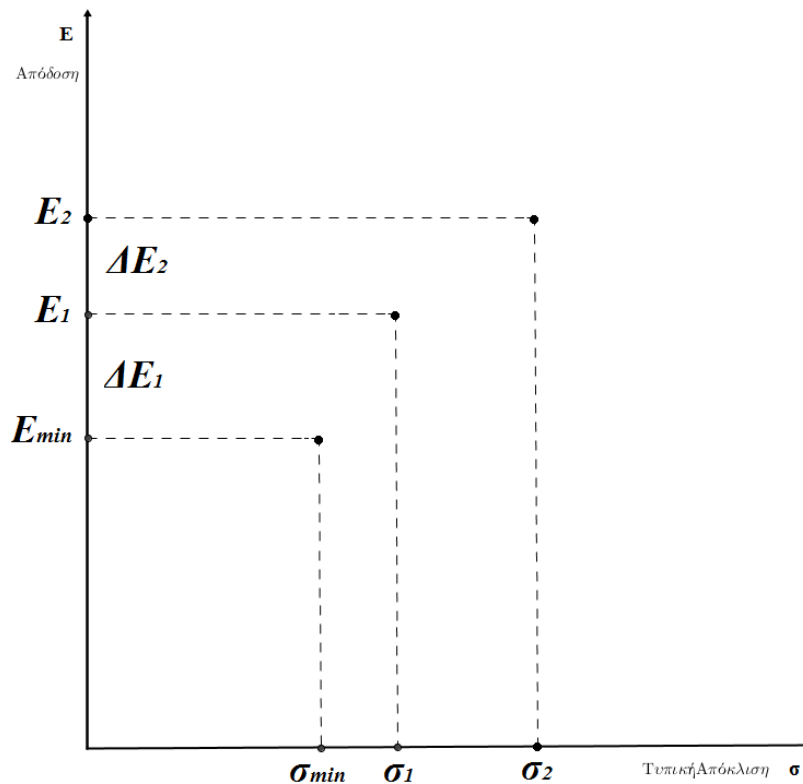
Η διαδικασία εύρεσης του Αποτελεσματικού Μετώπου στην περίπτωση περισσότερων των δύο χρεογράφων είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Η βασική σκέψη για την εύρεση του Αποτελεσματικού Μετώπου είναι η ίδια με την περίπτωση των δύο χρεογράφων. Παρόλα αυτά το πλήθος των όρων στην περίπτωση παραπάνω από δύο επηρεάζει την πολυπλοκότητα του αλγορίθμου επίλυσης.

Η κατασκευή της καμπύλης του Αποτελεσματικού Συνόρου αρχίζει με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση των δύο χρεογράφων. Το πρώτο βήμα στην εύρεση του Αποτελεσματικού Συνόρου είναι η εύρεση του Χαρτοφυλακίου Ελαχίστου Κινδύνου(Σχήμα2.5).



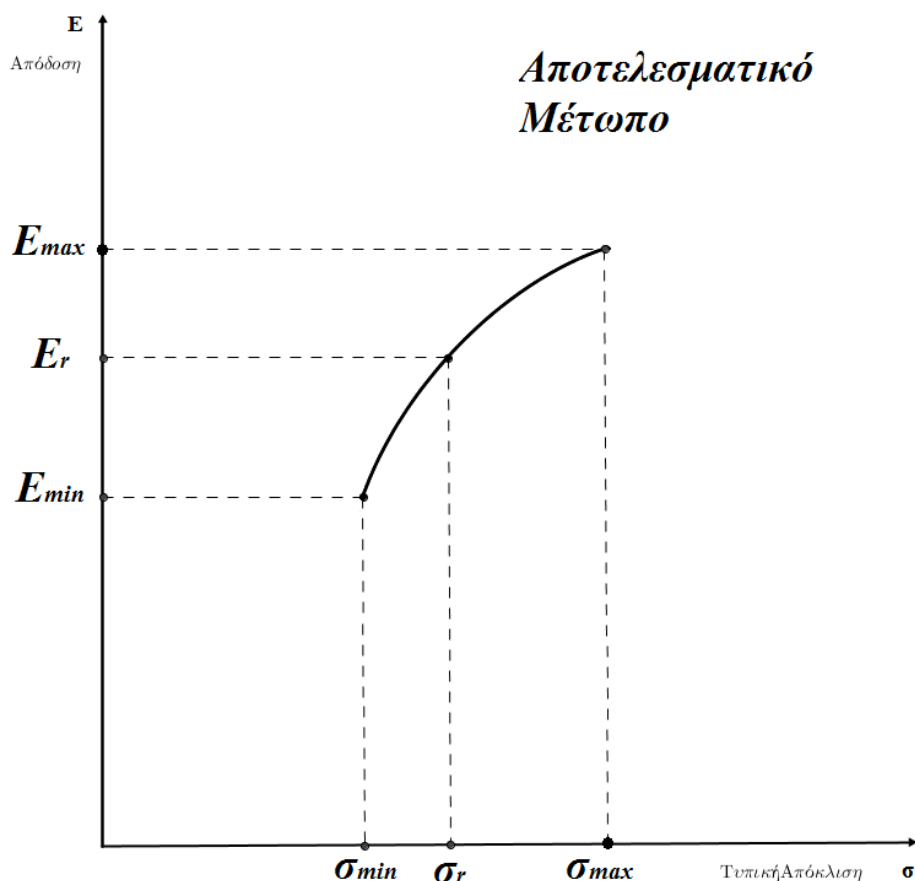
Σχήμα 3. 5 Το Χαρτοφυλάκιο Ελαχίστου Κινδύνου

Εν συνεχεία, με αρχή το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου θα κατασκευαστούν τα υπόλοιπα αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια με βάση περιορισμούς στην απόδοση (Σχήμα 3.6). Το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου έχει και την μικρότερη αναμενόμενη απόδοση. Με αυτήν την σκέψη θα δημιουργηθούν τα υπόλοιπα χαρτοφυλάκια τα οποία βρίσκονται σε υψηλότερο επίπεδο κινδύνου και βέβαια περιλαμβάνουν υψηλότερη αναμενόμενη απόδοση. Κάθε ένα όμως από αυτά για το συγκεκριμένο επίπεδο κινδύνου έχει την καλύτερη απόδοση, εφόσον είναι αποτελεσματικό. Στο Σχήμα 3.6 με ΔE_1 και ΔE_2 έχει συμβολιστεί το βήμα στην απόδοση για την εύρεση του επομένου αποτελεσματικού χαρτοφυλακίου.



Σχήμα 3. 6 Εύρεση νέων Αποτελεσματικών Χαρτοφυλακίων

Το σύνολο αυτών των χαρτοφυλακίων αποτελεί το αποτελεσματικό μέτωπο (Σχήμα 3.7).



Σχήμα 3. 7 Το Αποτελεσματικό Μέτωπο

Το πρόβλημα εύρεσης του χαρτοφυλακίου ελαχίστου κινδύνου στην περίπτωση n χρεογράφων είναι βεβαίως ένα πρόγραμμα μαθηματικού προγραμματισμού. Η συγγραφική ομάδα του βιβλίου *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis* το ονομάζει πρόβλημα τετραγωνικού προγραμματισμού. Όπως και στην ενότητα εύρεσης της απόδοσης και κινδύνου χαρτοφυλακίου με πολλά χρεόγραφα, θα γίνει χρήση πινάκων.

Οι μήτρες που θα χρησιμοποιηθούν και επαναλαμβάνονται εδώ είναι η r που περιλαμβάνει την απόδοση κάθε χρεογράφου, η w που περιλαμβάνει το ποσοστό συμμετοχής κάθε χρεογράφου στο χαρτοφυλάκιο και η μήτρα v , διακύμανσης συνδιακύμανσης.

$$r = \begin{bmatrix} E(r_1) \\ E(r_2) \\ \cdot \\ \cdot \\ E(r_n) \end{bmatrix}$$

$$w = [w_1, w_2 \dots w_n]$$

$$V = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \dots & \sigma_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

Προκειμένου να προσδιοριστεί το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου πρέπει να επιλυθεί η παρακάτω εξίσωση έτσι ώστε να βρεθεί η ελάχιστη λύση της. Η επίλυση αυτής θα μας οδηγήσει στα ποσοστά των χρεογράφων που συνθέτουν το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου.

$$\sigma_p^2 = w^T \cdot v \cdot w \text{ όπου } w: \frac{d\sigma_p}{dw} = 0$$

Υπό τους περιορισμούς ότι κάθε επένδυση συμμετέχει στο χαρτοφυλάκιο και το ποσοστό συμμετοχής της είναι είτε θετικό είτε μηδέν, προκειμένου να ικανοποιηθεί ο όρος ότι δεν μπορούμε να έχουμε ανοιχτές πωλήσεις ή δανεισμό χωρίς ρίσκο. Η μαθηματική διατύπωση αυτού του περιορισμού περιγράφεται στην παρακάτω εξίσωση.

$$w_i \geq 0 \quad \forall i$$

Επίσης, το άθροισμα των συμμετοχών των χρεογράφων στο χαρτοφυλάκιο θα πρέπει να ισούται με την μονάδα. Οπότε ο δεύτερος περιορισμός είναι ο παρακάτω:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Σε αυτό το σημείο και εφόσον επιλυθεί η παραπάνω εξίσωση μπορούμε να σχεδιάσουμε το κατώτατο σημείο (ή αριστερότερο) του αποτελεσματικού μετώπου. Στο Σχήμα 2.5 φαίνεται ο σχεδιασμός του χαρτοφυλακίου p_{min} , το οποίο είναι το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου.

Εν συνεχεία, όπως και στην περίπτωση δύο χρεογράφων, θα αναζητήσουμε ένα άλλο αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο το οποίο βρίσκεται σε υψηλότερο επίπεδο κινδύνου αλλά και απόδοσης σε σχέση με το χαρτοφυλάκιο p_{min} . Έστω ότι το χαρτοφυλάκιο αυτό ονομάζεται για λόγους παρουσίασης p_1 . Ο βασικός περιορισμός σε αυτό το χαρτοφυλάκιο είναι ότι η απόδοση του είναι μεγαλύτερη του p_{min} . Μαθηματικά ο περιορισμός αυτός μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

$$E(p_1) = E(p_{min}) + c$$

Εδώ η σταθερά c που προστίθεται στην σχέση δηλώνει το επίπεδο που επιθυμούμε να είναι μεγαλύτερη η απόδοση του p_1 σε σχέση με την ελάχιστη απόδοση του p_{min} . Αν σκεφτούμε ότι τα δεδομένα επεξεργάζονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και ο υπολογισμός του Αποτελεσματικού Συνόρου γίνεται με κάποιο βήμα, το c εκφράζει ακριβώς αυτό το βήμα ακρίβειας. Προκειμένου να γίνει αντιληπτό τι σημαίνει βήμα και ακρίβεια, θα μπορούσαμε να σκεφτούμε ότι το ελάχιστο χαρτοφυλάκιο έχει πχ. απόδοση $E(p_{min}) = 0,03$ και το χρεόγραφο με την μέγιστη απόδοση έχει $E(r_{max}) = 0,14$, πράγμα που συνεπάγεται ότι $E(p_{max}) = 0,14$. Η συνάρτηση του αποτελεσματικού συνόρου θα εμφανίζει την ελάχιστη τιμή της στο p_{min} και την μέγιστη στο p_{max} . Προκειμένου να βρεθούν τα «ενδιάμεσα» αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια πρέπει να δοθεί ένα βήμα. Έστω ότι στην περίπτωσή μας το βήμα αυτό είναι 0,01 (ή 1% εφόσον η απόδοση μετριέται σε ποσοστό επί τις εκατό). Σε αυτήν την περίπτωση θα υπολογιστούν άλλα 10 αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια μεταξύ p_{min} και p_{max} και θα σχεδιαστεί το αποτελεσματικό μέτωπο γνωρίζοντας 12 σημεία. Σημειώνεται ότι το παραπάνω αποτελεί παράδειγμα κατανόησης. Στην πράξη και με την βοήθεια των σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων το «βήμα» είναι πολύ μικρότερο της απόστασης $p_{max}-p_{min}$ όπου στην ουσία το αποτελεσματικό σύνορο δεν δίνεται ως «προσέγγιση».

Συνεχίζοντας την ανάλυση περί εύρεσης της καμπύλης του αποτελεσματικού συνόρου θα πρέπει να διατυπωθεί με μορφή ανίσωσης προκειμένου να προστεθεί στην γενική λύση. Θα μπορούσε να διατυπωθεί ως εξής.

$$E(p_1) > E(p_{min}) + c$$

Και προκειμένου να ισχύει για όλα τα χαρτοφυλάκια, έστω χαρτοφυλάκιο p_2 , έχω:

$$E(p_2) > E(p_1) + c$$

Συνοψίζοντας το μαθηματικό πρόβλημα εύρεσης του αποτελεσματικού συνόρου, η λύση αυτού προέρχεται από τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις.

Συνθήκη:

$$\sigma_p^2 = w^T \cdot v \cdot w \text{ όπου } w: \frac{d\sigma_p}{dw} = 0$$

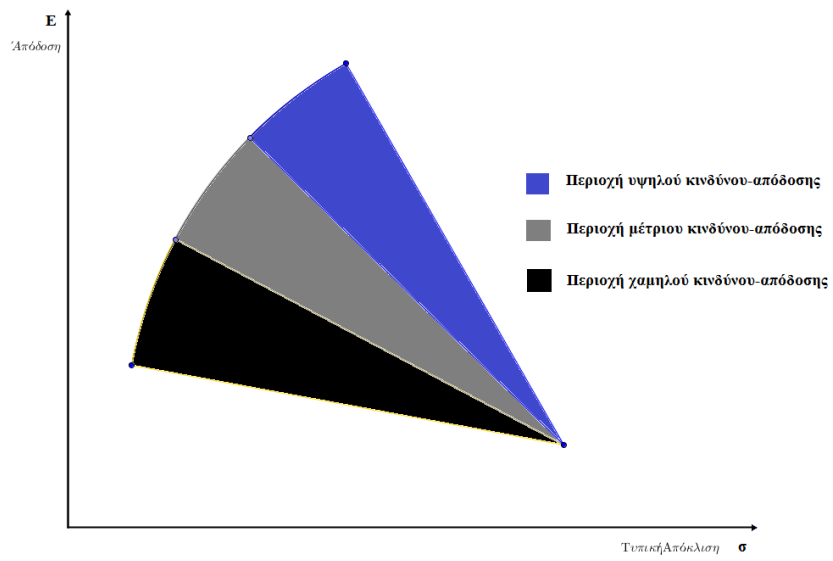
Περιορισμοί:

$$w_i \geq 0 \quad \forall i$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$E(p_2) > E(p_1) + c$$

Οι λύσεις που θα δοθούν θα οδηγήσουν στην κατασκευή του αποτελεσματικού μετώπου. Εφόσον το αποτελεσματικό μέτωπο βρεθεί και αποτυπωθεί σε ένα διάγραμμα Απόδοσης - Κινδύνου εν συνεχεία η επιλογή του χαρτοφυλακίου, δηλαδή της επένδυσης είναι θέμα του εκάστοτε επενδυτή. Ανάλογα με το αν ο επενδυτής είναι συντηρητικός, αρέσκεται στο ρίσκο ή προτιμά μια μέση λύση μεταξύ απόδοσης και κινδύνου επιλέγει ένα εκ των αποτελεσματικών χαρτοφυλακίων. Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται ποιοτικά οι περιοχές που θα διάλεγε κάθε τύπος επενδυτή.



Σχήμα 3. 8 Οι περιοχές του Αποτελεσματικού Χαρτοφυλακίου

3.9 Εισαγωγή Ακίνδυνου Χρεογράφου

Το ακίνδυνο χρεόγραφο (*risk free security*) είναι ένα χρεόγραφο το οποίο, όπως αναφέρει και η ονομασία του, δεν περιέχει κίνδυνο. Ένα ακίνδυνο χρεόγραφο θα αποδώσει χρήματα στον επενδυτή στο τέλος ενός διάρκειας ζωής της επένδυσης και αυτό βεβαίως χωρίς την παρουσία κινδύνου για αυτήν την αναμενόμενη απόδοση. Ακίνδυνα χρεόγραφα θα μπορούσαν να θεωρηθούν για παράδειγμα τα Χρεόγραφα του Δημοσίου, όπως παραδείγματος χάριν τα Έντοκα Γραμμάτια του Ελληνικού Δημοσίου. Η μη ύπαρξη κινδύνου οφείλεται στο γεγονός ότι ένα κράτος εξασφαλίζει ότι το συνολικό ποσό θα εξοφληθεί μαζί με το κέρδος και έτσι ο επενδυτής θα λάβει όλη την απόδοση στο ακέραιο.

Σαν αντίλογο, θα μπορούσε κανείς να αναρωτηθεί αν όντως υπάρχει έστω και αμυδρά η περίπτωση να υπάρξει κίνδυνος. Η απάντηση σε αυτό δεν θα είναι βεβαίως αρνητική γιατί υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την οικονομία και θέτουν σε κίνδυνο τις επενδύσεις, ακόμη και τις πιο «ακίνδυνες». Σε γενικές γραμμές όμως θα θεωρήσουμε ότι μια τέτοια επένδυση έχει μηδενικό κίνδυνο και βεβαιωμένη απόδοση.

Έστω λοιπόν ότι ονομάζουμε το ακίνδυνο χρεόγραφο f . Έστω ότι η απόδοση του ακίνδυνου χρεογράφου είναι $E(r_f)$ και η τυπική απόκλιση $\sigma_f = 0$. Έστω, ακόμη ότι διαθέτουμε ένα επικίνδυνο χαρτοφυλάκιο p με αναμενόμενη απόδοση $E(r_p)$ και τυπική απόκλιση $\sigma_p = 0$. Ο συνδυασμός αυτών των δύο χαρτοφυλακίων έχει ως αποτέλεσμα ένα νέο χαρτοφυλάκιο fp το οποίο έχει αναμενόμενη απόδοση και κίνδυνο που περιγράφονται από τους παρακάτω τύπους:

$$E(r_{fp}) = w_f \cdot E(r_f) + w_p \cdot E(r_p)$$

$$\sigma_{fp} = \sqrt{w_f^2 \cdot \sigma_f^2 + w_p^2 \cdot \sigma_p^2 + 2 \cdot w_f \cdot w_p \cdot \sigma_f \cdot \sigma_p \cdot \rho_{fp}}$$

Τα ποσοστά συμμετοχής των δύο χαρτοφυλακίων έχουν άθροισμα ίσο με την μονάδα, όπως έχει τονιστεί και παραπάνω. Κάνοντας χρήση αυτής της ιδιότητας οι παραπάνω τύποι έχουν ως αποτελέσματα τα εξής.

$$\sigma_{fp} = \sqrt{w_p^2 \cdot \sigma_p^2} = w_p \cdot \sigma_p$$

Παρατηρώντας την παραπάνω σχέση, βλέπουμε ότι ο συνολικός κίνδυνος μειώνεται και είναι ένα ποσοστό του κινδύνου του επικίνδυνου χαρτοφυλακίου.

Εκφράζοντας το ποσοστό συμμετοχής του επικίνδυνου χαρτοφυλακίου ως γινόμενο της τυπικής απόκλισης του με την τυπική απόκλιση του νέου χαρτοφυλακίου, και κάνοντας χρήση ότι $w_f + w_p = 1$ προκύπτει ότι:

$$w_p = \frac{\sigma_{fp}}{\sigma_p}$$

$$w_f = 1 - w_p = 1 - \frac{\sigma_{fp}}{\sigma_p}$$

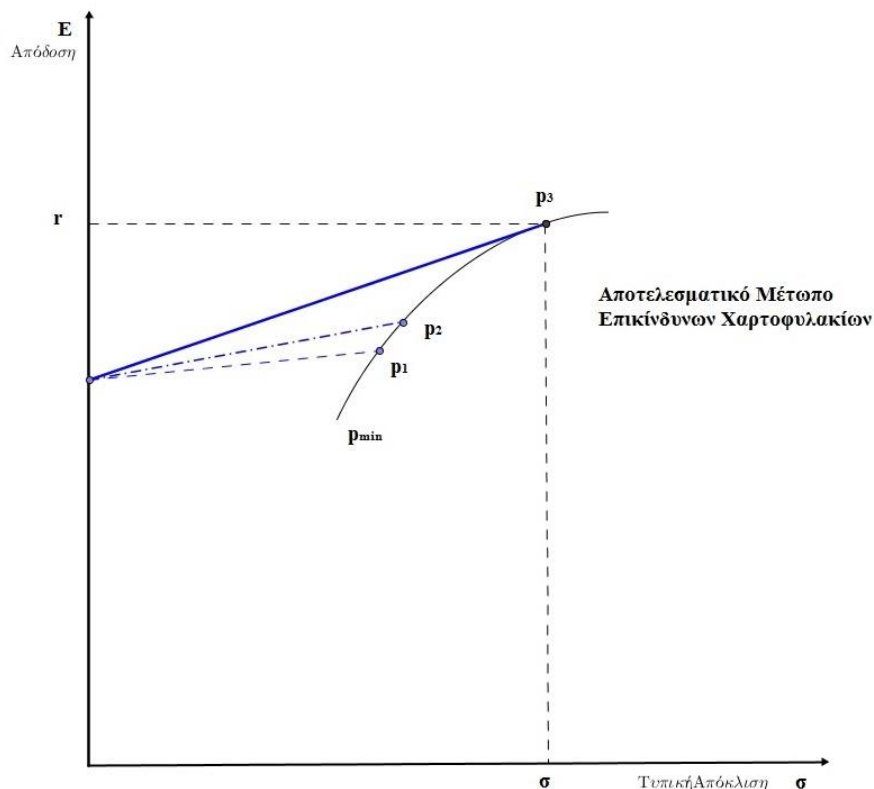
Οπότε η συνολική απόδοση του νέου χαρτοφυλακίου είναι:

$$E(r_{fp}) = \left(1 - \frac{\sigma_{fp}}{\sigma_p}\right) \cdot E(r_f) + \frac{\sigma_{fp}}{\sigma_p} \cdot E(r_p) = E(r_f) + \frac{\sigma_{fp}}{\sigma_p} \cdot (E(r_p) - E(r_f))$$

Βλέπουμε λοιπόν ότι , εφόσον η αναμενόμενη απόδοση του ακίνδυνου χαρτοφυλακίου(ή χρεογράφου) παραμένει σταθερή, η συνολική απόδοση του χαρτοφυλακίου παίρνει την μορφή μιας ευθείας γραμμής αφού είναι της μορφής $y = a \cdot x + \beta$. Αν λοιπόν τοποθετήσω αυτήν την ευθεία πάνω στο διάγραμμα απόδοσης-κινδύνου θα τέμνει τον άξονα της απόδοσης στο σημείο $E(r_f)$. Η κλίση της ευθείας αυτής δίνεται από τον τύπο:

$$\lambda = \frac{\sigma_{fp}}{\sigma_p}$$

Αν ο παραπάνω τύπος μελετηθεί περαιτέρω εξάγεται το συμπέρασμα ότι δεν πρόκειται απλά για μια ευθεία, αλλά για μια οικογένεια ευθειών. Ο όρος $\frac{\sigma_{fp}}{\sigma_p}$ δεν παραμένει σταθερός. Όπως αναλύθηκε παραπάνω ο όρος αυτός ισούται με w_p . Οπότε ανάλογα με το κεφάλαιο που θέλει ο επενδυτής να τοποθετήσει στο ακίνδυνο χρεόγραφο, αλλάζει και η κλίση της ευθείας. Βλέποντας το με άλλη σκοπιά, ο επενδυτής μπορεί να διαλέξει πόσο επικίνδυνο επιθυμεί να είναι το επικίνδυνο χαρτοφυλάκιο., δηλαδή πόση θα είναι η τυπική του απόκλιση. Στο παρακάτω Σχήμα (Σχήμα 2.9) φαίνεται αυτή η οικογένεια ευθειών για διάφορες τιμές ‘κλίσης’.



Σχήμα 3. 9 Το Αποτελεσματικό μέτωπο με την προσθήκη του Χρεογράφου μηδενικού κινδύνου

Μελετώντας καλύτερα το Σχήμα 3.9 σε συνδυασμό με το ότι πάνω από το σύνορο του αποτελεσματικού μετώπου τα χαρτοφυλάκια δεν είναι εφικτά, θα παρατηρήσει κανείς ότι δεν είναι όλες οι τιμές μιας οποιασδήποτε ευθείας εφικτές. Τα επικίνδυνα χαρτοφυλάκια με αποδόσεις μεγαλύτερες των χαρτοφυλακίων του αποτελεσματικού συνόρου δεν είναι εφικτά, όπως εξηγήθηκε παραπάνω. Οπότε ο επενδυτής μπορεί να διαλέξει μόνο τα σημεία της οποιασδήποτε ευθείας μετά την τομή αυτής με το αποτελεσματικό μέτωπο. Ακόμη θα ήταν λάθος να επιλέξει σημεία της ευθείας μετά την τομή με το αποτελεσματικό μέτωπο, καθώς το επικίνδυνο χαρτοφυλάκιο θα ήταν εφικτό αλλά όχι αποτελεσματικό, δηλαδή θα υπήρχε ένα χαρτοφυλάκιο με μεγαλύτερη απόδοση και ίδιο επίπεδο κινδύνου. Εφόσον ο επενδυτής θέλει να μεγιστοποιήσει την απόδοση και να μειώσει τον κίνδυνο καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μοναδική ευθεία που μεγιστοποιεί την απόδοση και έχει τον

μικρότερο δυνατό κίνδυνο είναι η ευθεία η εφαπτομένη στο αποτελεσματικό μέτωπο η οποία τέμνει τον άξονα της απόδοσης στο σημείο $E(r_f)$.

Η μαθηματική διατύπωση αυτού του προβλήματος δίνεται από την μεγιστοποίηση του κ και τους γνωστούς περιορισμούς περί αθροίσματος των ποσοστών και την ύπαρξη μόνο θετικών ποσοστών.

$$\kappa = \frac{1}{\sigma_p} \cdot (E(r_p) - E(r_f))$$

$$w_i \geq 0 \quad \forall i \geq 1$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Το παραπάνω πρόβλημα, όπως και το πρόβλημα της εύρεσης του αποτελεσματικού συνόρου, αποτελεί ένα πρόβλημα τετραγωνικού προγραμματισμού.

3.10 Χαρτοφυλάκιο n χρεογράφων σε συνδυασμό με ακίνδυνο χρεόγραφο.

Συνολικά, όπως εξηγήθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, θα δημιουργηθεί ένα χαρτοφυλάκιο n επικίνδυνων χρεογράφων και ενός ακίνδυνου. Ο αριθμός των χρεογράφων είναι $n+1$.

Έστω ότι το ακίνδυνο χρεόγραφο συμβολίζεται ως f , το ποσοστό συμμετοχής του είναι w_0 και η αναμενόμενη απόδοση του $E(r_0)$. Σημειώνεται ότι ο συμβολισμός με την χρήση του δείκτη '0' γίνεται λόγω διευκόλυνσης στην παρουσίαση των αθροισμάτων. Ακόμη τα επικίνδυνα χρεόγραφα είναι x_1, x_2, \dots, x_n με ποσοστά συμμετοχής w_1, w_2, \dots, w_n . Βεβαίως ισχύουν οι γνωστές σχέσεις:

$$w_i \geq 0 \quad \forall i \geq 0$$

$$\sum_{i=0}^n w_i = 1$$

Η αναμενόμενη απόδοση του «συνθέτου» αυτού χαρτοφυλακίου μπορεί να βρεθεί ως ανωτέρω, καθώς πρόκειται για περίπτωση δύο χρεογράφων. Οι τύποι δηλαδή είναι οι εξής:

$$E(r_{fp}) = w_f \cdot E(r_f) + w_p \cdot E(r_p)$$

και

$$\sigma_{fp} = \sqrt{w_p^2 \cdot \sigma_p^2} = w_p \cdot \sigma_p$$

Κεφάλαιο 4^ο

Ενεργειακή Κατάσταση των χωρών προς μελέτη

4.1 Συνοπτική παρουσίαση

Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελείται από την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων καθώς και την μελέτη των χωρών που επιλέγησαν. Κύριο κριτήριο στην επιλογή των χωρών είναι η χρήση πυρηνικής ενέργειας ή η απουσία αυτής. Η παρουσία πολλών διαγραμμάτων σχετικά με το εκάστοτε ζητούμενο, βοηθά στο να σχηματιστεί μια πληρέστερη -γραφική- άποψη από τον αναγνώστη σχετικά με το ενεργειακό μίγμα κάθε χώρας προς μελέτη.

Σημαντικό είναι να αποσαφηνιστούν οι όροι που θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω. Θα συναντήσουμε εν πρώτης τον όρο «Πραγματικό Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο». Το συγκεκριμένο χαρτοφυλάκιο ονομάζεται πραγματικό επειδή είναι το χαρτοφυλάκιο ενεργειακών χρεογράφων που χρησιμοποιεί η εκάστοτε χώρα με βάση έγκυρα δεδομένα από πηγές του διαδικτύου. Από την άλλη πλευρά υπάρχει και ο όρος ενεργειακό χαρτοφυλάκιο όπου θα προκύψει μετά από επεξεργασία των δεδομένων σύμφωνα με την θεωρία του Χάρι Μάρκοβιτς. Επίσης, πολύ συχνά θα αναφέρεται και ο όρος «ενεργειακό μίγμα» ή «πραγματικό ενεργειακό μίγμα». Στην ουσία αναφερόμαστε στο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο και οι δύο αυτοί όροι θεωρούνται ταυτόσημοι.

Στις επόμενες σελίδες θα παρουσιαστούν οι χώρες, η ενεργειακή τους κατάσταση και θα δοθούν δεδομένα για την απόδοση και τον κίνδυνο κάθε πραγματικού ενεργειακού χαρτοφυλακίου. Η πλήρης ανάλυση για την απόδοση και τον κίνδυνο θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο.

4.2 Παρουσίαση των χωρών που επιλέγησαν

Οι χώρες προς μελέτη είναι τέσσερις. Μπορούμε να τις χωρίσουμε σε δύο ομάδες, δηλαδή αυτές που διαθέτουν πυρηνική ενέργεια και αυτές που δεν διαθέτουν. Επιλέγησαν δυο χώρες της Νότιας Ευρώπης και δυο χώρες της Βόρειας Ευρώπης. Η Ισπανία, που διαθέτει στο ενεργειακό της μίγμα πυρηνική ενέργεια και στον αντίποδα η Πορτογαλία που δεν διαθέτει πυρηνική ενέργεια. Οι Βόρειες χώρες είναι η Σουηδία που διαθέτει πυρηνική ενέργεια και η Νορβηγία που δεν παράγει ηλεκτρισμό από ουράνιο. Μια πρώτη παρατήρηση που θα μπορούσε να γίνει είναι ότι η Ισπανία είναι μια χώρα με μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις. Η Πορτογαλία έχει ελάχιστες - σε σχέση με την Ισπανία - ενεργειακές απαιτήσεις καθώς χρειάζεται το 18% των συνολικών αναγκών της Ισπανίας. Η Σουηδία και η Νορβηγία βρίσκονται κάπου στο μέσο, καθώς χρειάζονται το 40% και 32% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας τη Ισπανίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ενεργειακά δεδομένα για τις παραπάνω χώρες εξήχθησαν από τον ιστότοπο της εταιρίας BP και το πλήρως ενημερωμένο φύλλο εργασίας Excel “The full Excel workbook of historical statistical data from 1965-2011”.

Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να παρατηρήσουμε τις ενεργειακές ανάγκες των χωρών που αναφέραμε.

| Χώρα | Ενεργειακές Ανάγκες(Mtoe/έτος) | Πυρηνική Ενέργεια |
|------------|-----------------------------------|-------------------|
| Ισπανία | 128,65 | ΝΑΙ |
| Σουηδία | 51,42 | ΝΑΙ |
| Νορβηγία | 41,75 | ΟΧΙ |
| Πορτογαλία | 22,8 | ΟΧΙ |

Πίνακας 4. 1 Μέσες ενεργειακές ανάγκες ανά χώρα ανά έτος σε Mtoe

Σε αυτό το σημείο αξίζει να κάνουμε αναφορά στο ενεργειακό μίγμα κάθε μιας από τις χώρες μελέτης. Η κάθε χώρα ανάλογα με τις ενεργειακές της ανάγκες και με τις μεθόδους που μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια διαθέτει και το αντίστοιχο ενεργειακό μίγμα. Προκειμένου αυτό να γίνει περισσότερο κατανοητό μπορούμε να σκεφτούμε ότι μια χώρα μπορεί να διαθέτει 15 εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο το πετρέλαιο , άλλα 5 με καύσιμο το φυσικό αέριο, 3 με καύσιμο τον λιθάνθρακα και 1 πυρηνικό εργοστάσιο. Ανάλογα λοιπόν με τις ενεργειακές ανάγκες αλλά και την εκάστοτε ζήτηση-πράγμα που σημαίνει ότι οι «οικονομικότεροι» σταθμοί θα λειτουργούν- διαμορφώνει ένα πραγματικό ενεργειακό χαρτοφυλάκιο ανά έτος.

Τα επεξεργασμένα δεδομένα καθώς και τα διαγράμματα που ακολουθούν είναι τα πραγματικά δεδομένα που η εταιρία BP παρέχει στο διαδίκτυο για την περίοδο 1991-2011. Τα πραγματικά ενεργειακά χαρτοφυλάκια για τις παραπάνω χώρες θεωρήθηκε σκόπιμο να σωθούν με δύο μορφές. Η πρώτη μορφή είναι η απεικόνιση του ενεργειακού χαρτοφυλακίου με χρήση του μέσου όρου. Αυτό μας βοηθά να δούμε την συνολική επένδυση σε ενέργεια με την πάροδο του χρόνου. Η δεύτερη μορφή είναι η απεικόνιση του τελευταίου πραγματικού μίγματος, δηλαδή του έτους 2011. Τέλος, για να μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα σε μια ενιαία βάση, όλες οι τιμές αναφέρονται σε ποσοστά προς την συνολική ενέργεια που χρειάζεται η εκάστοτε χώρα. Τα διαγράμματα καθώς και η επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε υπολογιστικό φύλλο του Microsoft Excel®.

4.3 Συνοπτική παρουσίαση των καυσίμων

Τα βασικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας είναι το πετρέλαιο, το ουράνιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Παράλληλα με αυτά υπάρχουν και τα «δωρεάν» καύσιμα όπως το νερό, η αιολική και ηλιακή ενέργεια αλλά και διάφορες άλλες μορφές όπως η βιομάζα.

Το ενεργειακό χαρτοφυλάκιο μιας χώρας αποτελείται από αυτές -όχι πάντοτε όλες- τις μορφές καυσίμων. Το κάθε καύσιμο έχει τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Τα οικονομικά χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν θα παρουσιαστούν στην συνέχεια αναλυτικά. Στην παρούσα παράγραφο θα γίνει μια προσπάθεια ποιοτικής κατανόησης του κάθε είδους καυσίμου προκειμένου να μπορέσει ο αναγνώστης να αναγνωρίσει σε πρώτη φάση την ενεργειακή κατάσταση κάθε χώρας.

Η πυρηνική ενέργεια η οποία προέρχεται από το ουράνιο αποτελεί μια αρκετά καλή λύση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η απόδοση του ουρανίου σαν καύσιμο είναι αρκετά μεγάλη και η τιμή του δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και εξαρτήσεις. Η χρήση πυρηνικής ενέργειας υπόκειται σε περιορισμούς και βεβαίως δεν χρησιμοποιείται από όλες τις χώρες λόγω των κινδύνων που έχει. Αποτελεί όμως παραδοχή, όπως θα εξετάσουμε και παρακάτω, ότι αποτελεί την αποδοτικότερη και μη οικονομικά επικίνδυνη μορφή ενέργειας.

Το πετρέλαιο αποτέλεσε για πολλά χρόνια την κύρια πηγή ενέργειας για όλες τις χώρες του κόσμου. Σταδιακά γίνεται μια προσπάθεια απεξάρτησης από αυτήν την πηγή ενέργειας. Η μεγάλη ευαισθησία στην τιμή του σε συνδιασμό με την μέτρια απόδοση σταδιακά εξωθούν το πετρέλαιο στον περιορισμό της χρήσης του.

Ο άνθρακας και το φυσικό αέριο αποτελούν τους «εχθρούς» του πετρελαίου με το πέρασμα των χρόνων. Η απόδοση τους βρίσκεται σε υψηλότερα επίπεδα από αυτά

του πετρελαίου αν και η τιμή τους δεν είναι εξίσου σταθερή με την πάροδο των χρόνων. Η υψηλή τους απόδοση όμως οδηγεί στην χρησιμοποίησή τους έναντι του πετρελαίου.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν χρήζουν αρκετής ανάλυσης καθώς το καύσιμο που χρησιμοποιούν είναι δωρεάν και το κόστος τους αποτελείται από τα έξοδα συντήρισης και λειτουργίας. Στην ανάλυση των πραγματικών ενεργειακών χαρτοφυλακίων που θα ακολουθήσει χωρίζουμε τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε Υδροηλεκτρικά και Άλλες Ανανεώσιμες. Αυτό γίνεται προφανώς γιατί τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια αποτελούν εδώ και αρκετά χρόνια τρόπο παραγωγής ενέργειας ενώ η αιολική ενέργεια καθώς και η ηλιακή αποτελούν «φαινόμενο» των τελευταίων 10 χρόνων.

4.4 Πραγματικά Ενεργειακά Χαρτοφυλάκια Χωρών προς Μελέτη

Η παράγραφος αυτή ασχολείται με το προφίλ των ενεργειακών χαρτοφυλακίων κάθε χώρας. Θα προσπαθήσουμε να μελετήσουμε εξαρτήσεις από καύσιμα και ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά για κάθε μια ενεργειακή οικονομία. Τέλος, η ανάλυση αυτή θα χρειαστεί αργότερα όταν θα μελετήσουμε την απόδοση και τον κίνδυνο κάθε μιας μορφής ενέργειας και θα εξάγουμε το συμπέρασμα σύμφωνα με την θεωρία χαρτοφυλακίου του Χάρι Μάρκοβιτς.

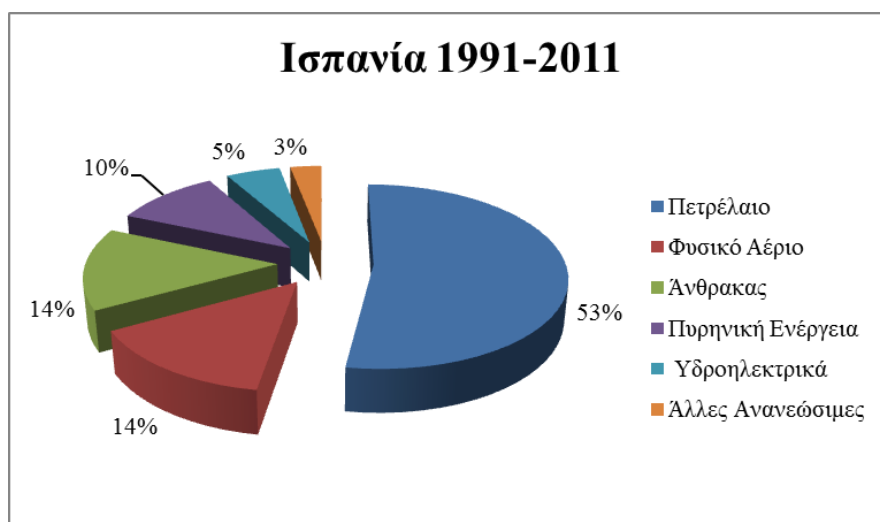
Η μελέτη κάθε χώρας σε ενεργειακό επίπεδο στην συγκεκριμένη παράγραφο αποτελείται από τρία βασικά διαγράμματα για κάθε μια. Η πρώτη ομάδα διαγραμμάτων αναφέρεται στο μέσο πραγματικό ενεργειακό χαρτοφυλάκιο. Η επεξεργασία των δεδομένων που παρέχονται από την BP έγινε με χρονικό ορίζοντα είκοσι ετών και συγκεκριμένα από το έτος 1991 μέχρι και το έτος 2011.

Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει το πιο πρόσφατο χαρτοφυλάκιο για το οποίο έχουμε δεδομένα, δηλαδή το ενεργειακό χαρτοφυλάκιο του 2011. Θεωρήθηκε σκόπιμο να παρουσιαστεί το χαρτοφυλάκιο αυτό προκειμένου να δούμε την τάση που έχει κάθε ενεργειακή οικονομία. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι από το πρωτόκολλο του Κίото και η πρώτη περίοδος δέσμευσης (2008 - 2012) έχουν αλλάξει κατά πολύ τις τάσεις των ενεργειακών οικονομιών τα τελευταία χρόνια, κυρίως με την εισαγωγή σε μεγάλο βαθμό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οικολογικών καυσίμων.

Η τελευταία ομάδα διαγραμμάτων είναι η πιο σημαντική στην μελέτη αυτή και θα μας χρειαστεί στο επόμενο κεφάλαιο όταν θα αναλύσουμε βέλτιστες επιλογές και τάσεις για τις παρούσες ενεργειακές οικονομίες. Πρόκειται για το μέσο πραγματικό ενεργειακό χαρτοφυλάκιο των χωρών απουσία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα παρουσιάζονται τα ποσοστά των κύριων και προς μελέτη καυσίμων, δηλαδή του φυσικού αερίου, του άνθρακα, του πετρελαίου και του ουρανίου εάν υπάρχει.

4.4.1 Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο Ισπανίας

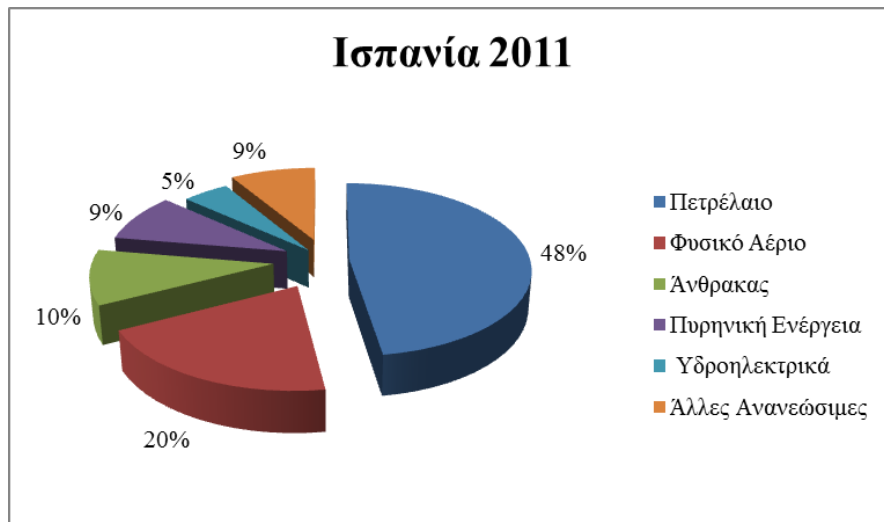
Η Ισπανία είναι μια χώρα του Ευρωπαϊκού Νότου με πληθυσμό που ξεπερνά τα 45 εκατομμύρια. Μια χώρα που έχει μεγάλες ενεργειακές ανάγκες, πράγμα που αποδεικνύουν και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται το πραγματικό μέσο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Ισπανίας.



Σχήμα 4. 1 Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Ισπανίας (1991-2011)

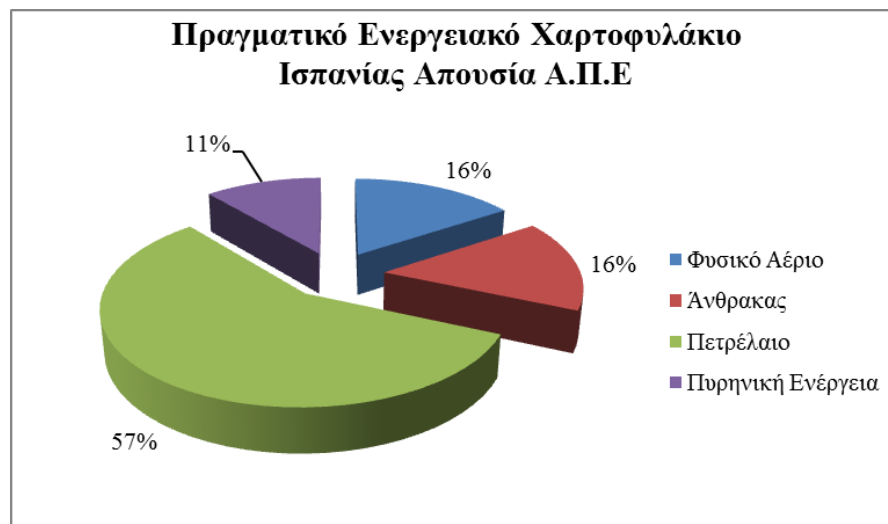
Παρατηρώντας το ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Ισπανίας , βλέπουμε την μεγάλη εξάρτηση της από το πετρέλαιο. Η παρατήρηση αυτή θα μας βοηθήσει στην συνέχεια καθώς το πετρέλαιο κρύβει πολλούς κινδύνους. Η ύπαρξη πυρηνικής ενέργειας είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ενεργειακή οικονομία αυτής της χώρας. Ανασταλτικός παράγοντας είναι η παρουσία σε μικρό ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τέλος, σε αρκετά φυσιολογικά ποσοστά βρίσκονται ο Άνθρακας και το Φυσικό αέριο.

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζονται οι νέες τάσεις της Ισπανικής ενεργειακής οικονομίας σύμφωνα με τα δεδομένα του 2011.



Σχήμα 4. 2 Πραγματικό Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Ισπανίας 2011

Το χαρτοφυλάκιο του 2011 για την Ισπανία δείχνει τάσεις ενεργειακής βελτίωσης. Η αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με ταυτόχρονη αύξηση της χρήσης Φυσικού αερίου και μείωσης του πετρελαίου μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η Ισπανία προσπαθεί να απεξαρτηθεί από ακριβές πρώτες ύλες.



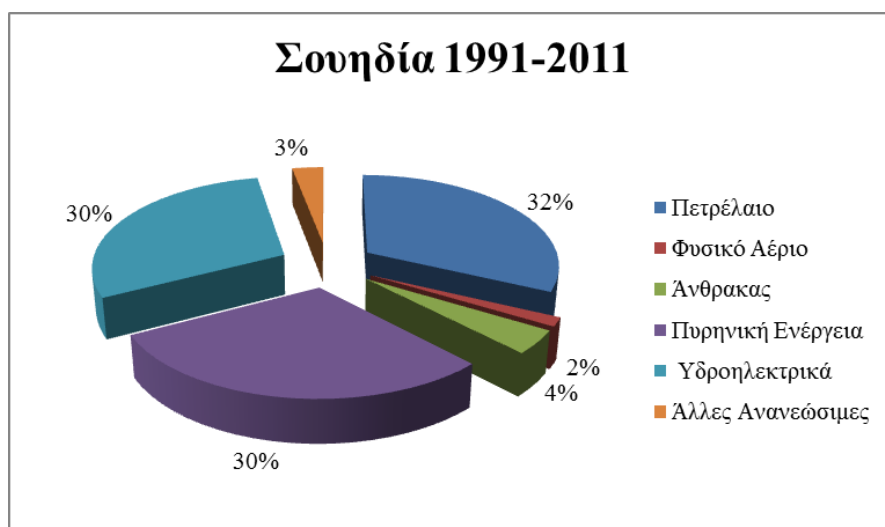
Σχήμα 4. 3 Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Ισπανίας απουσία Α.Π.Ε

Το Σχήμα 4.3 είναι, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή της παραγράφου, το χαρτοφυλάκιο απουσία των Α.Π.Ε για την Ισπανία. Παρατηρούμε ότι το πετρέλαιο αποτελεί το κύριο καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας σε ποσοστό που ξεπερνά το

50%. Η παρατήρηση αυτή είναι η πιο σημαντική και όπως θα δούμε και στην συνέχεια ο παράγοντας πετρέλαιο είναι αυτός που «ζημιώνει» το ενεργειακό μείγμα. Βλέπουμε την ύπαρξη σε σημαντικό ποσοστό των υπολοίπων καυσίμων, πράγμα που μας επιτρέπει να σκεφτόμαστε ότι το ενεργειακό μείγμα της Ισπανίας έχει αρκετά περιθώρια βελτίωσης.

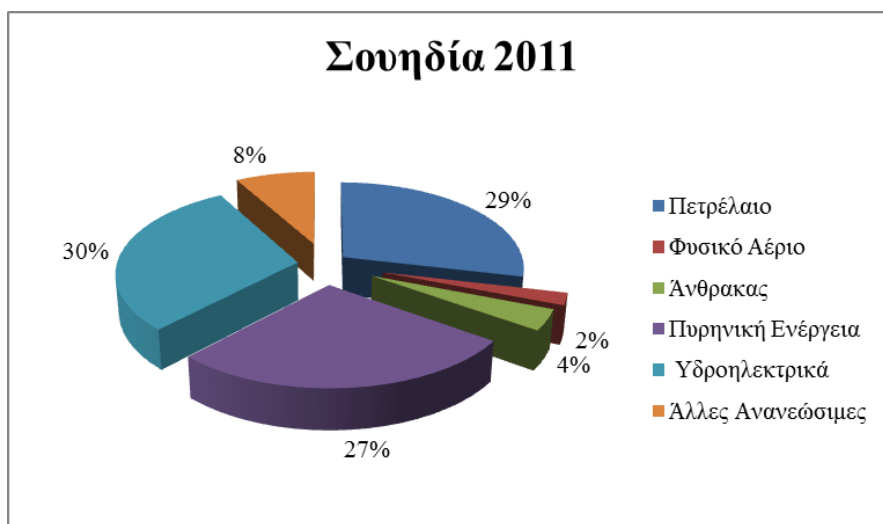
4.4.2 Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο Σουηδίας

Η Σουηδία είναι μια χώρα του Ευρωπαϊκού Βορρά με πληθυσμό που προσεγγίζει τα 10 εκατομμύρια. Μια χώρα που έχει μέτριες ενεργειακές ανάγκες, πράγμα που αποδεικνύουν και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται το πραγματικό μέσο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Σουηδίας.



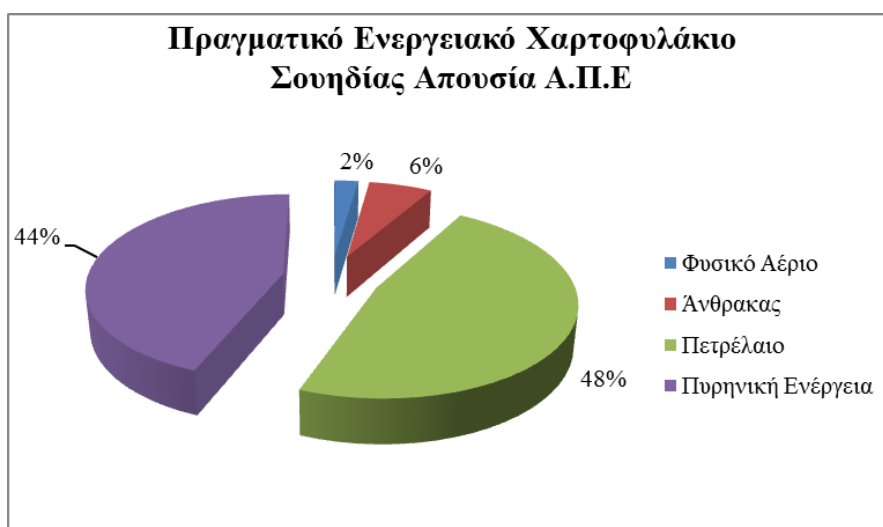
Σχήμα 4. 4 Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Σουηδίας (1991-2011)

Παρατηρώντας το ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Σουηδίας, βλέπουμε τρεις βασικές πηγές ενέργειας. Η πυρηνική ενέργεια σε συνδυασμό με το πετρέλαιο και η παρουσία ισάξιου ποσοστού από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια συνθέτουν το ενεργειακό της χαρτοφυλάκιο.



Σχήμα 4. 5 Πραγματικό Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Σουηδίας 2011

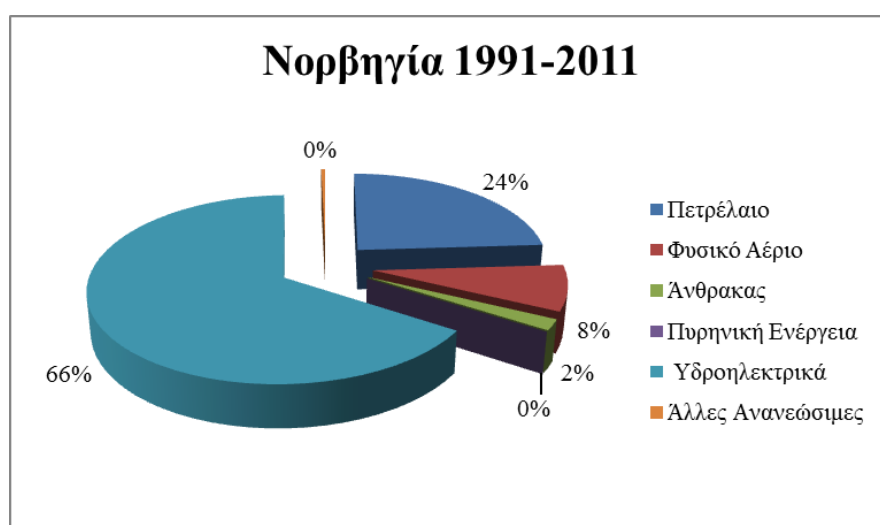
Το ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Σουηδίας για το έτος 2011 δεν διαφέρει πολύ από το μέσο χαρτοφυλάκιο από το 1991. Η διαφορά που μπορεί να παρατηρηθεί είναι η αύξηση του ποσοστού συμμετοχής των Α.Π.Ε. Το χαρτοφυλάκιο απουσία Α.Π.Ε για την Σουηδία διαφέρει με αυτό της Ισπανίας στο ότι η πυρηνική ενέργεια έχει πολύ μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής. Το πετρέλαιο βρίσκεται στα ίδια επίπεδα με την Ισπανία.



Σχήμα 4. 6 Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Σουηδίας απουσία Α.Π.Ε

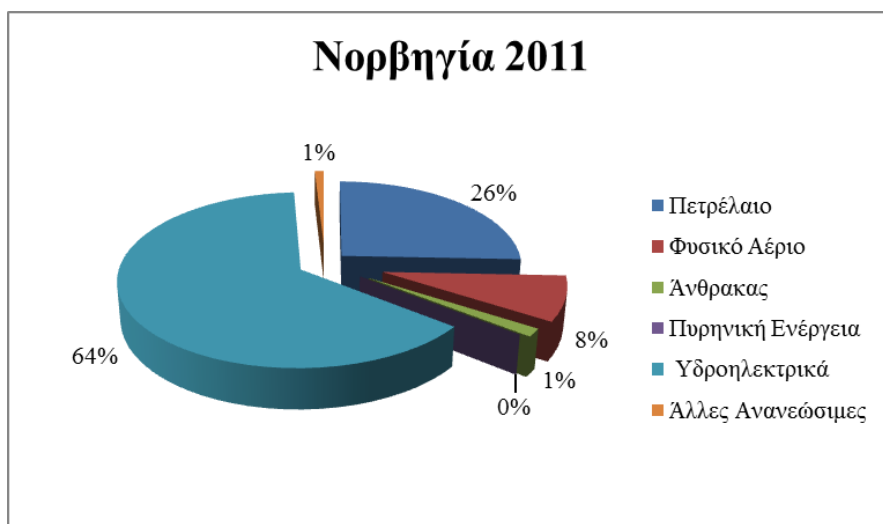
4.4.3 Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας

Η Νορβηγία είναι μια χώρα του Ευρωπαϊκού Βορρά με πληθυσμό που προσεγγίζει τα 5 εκατομμύρια. Μια χώρα που έχει μέτριες ενεργειακές ανάγκες, πράγμα που αποδεικνύουν και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται το πραγματικό μέσο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Νορβηγίας.



Σχήμα 4. 7 Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας (1991-2011)

Η Νορβηγία φαίνεται ότι έχει αρκετά εντυπωσιακό ενεργειακό χαρτοφυλάκιο καθώς καλύπτει τις μισές ενεργειακές της ανάγκες από τα Υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Μπορούμε εδώ να εστιάσουμε στο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Νορβηγίας χωρίς να λάβουμε υπ' όψιν τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Η εξάρτηση της από το πετρέλαιο είναι μεγάλη σε σχέση με τις άλλες μορφές ενέργειας αν και συγκριτικά με την γειτονική Σουηδία, είναι στα ίδια επίπεδα. Βεβαίως δεν υπάρχει συμμετοχή άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Σχήμα 4. 8 Πραγματικό Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας 2011

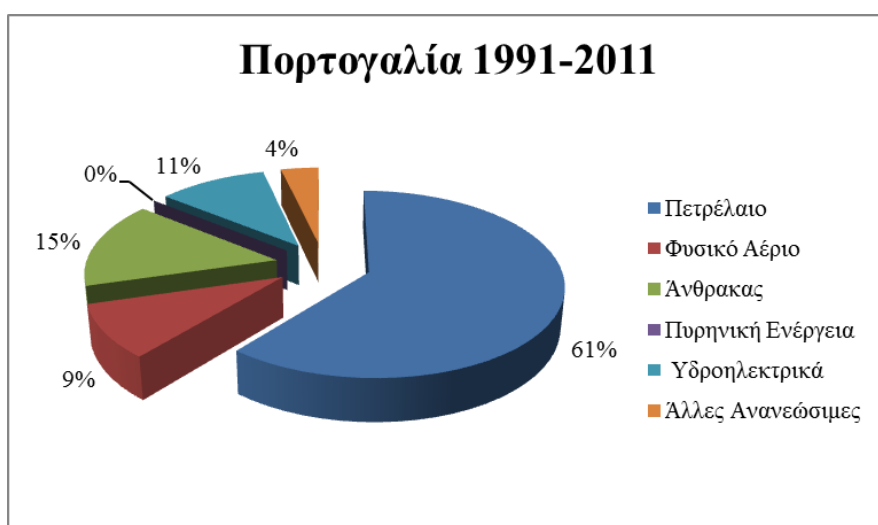
Το ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Νορβηγίας για το έτος 2011 δεν έχει μεγάλες διαφορές από το μέσο χαρτοφυλάκιο. Η Νορβηγία, δεν διαθέτει πυρηνικά εργοστάσια και η εξάρτησή της από το πετρέλαιο είναι μεγάλη. Βέβαια η παρουσία πολλών υδροηλεκτρικών καθιστά το ποσοστό του πετρελαίου επί του συνόλου σχετικά μικρό, αλλά δεν παύει να είναι το 71% των υπολοίπων ενεργειακών αναγκών.



Σχήμα 4. 9 Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας απουσία Α.Π.Ε

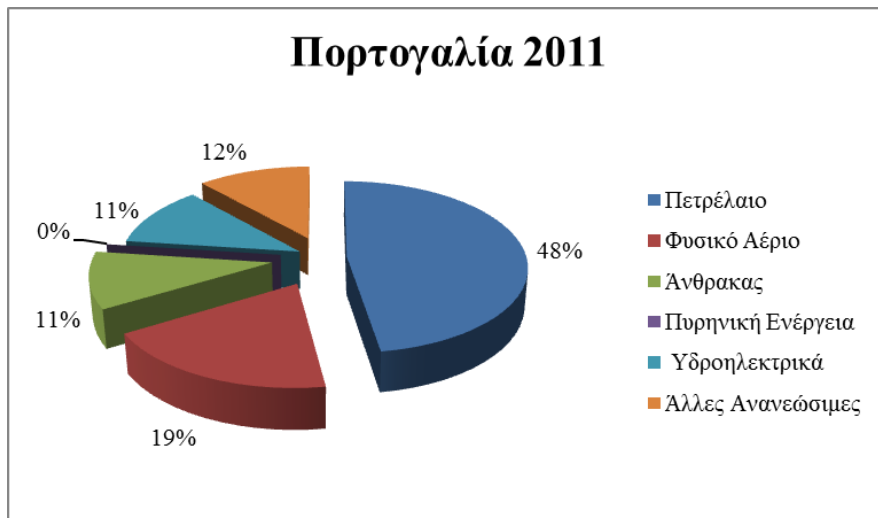
4.4.4 Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας

Η Πορτογαλία είναι μια χώρα του Ευρωπαϊκού Νότου με πληθυσμό που ξεπερνά τα 10 εκατομμύρια. Μια χώρα που έχει ελάχιστες-σε σχέση με την γειτονική Ισπανία-ενεργειακές ανάγκες, πράγμα που αποδεικνύουν και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται το πραγματικό μέσο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Πορτογαλίας.



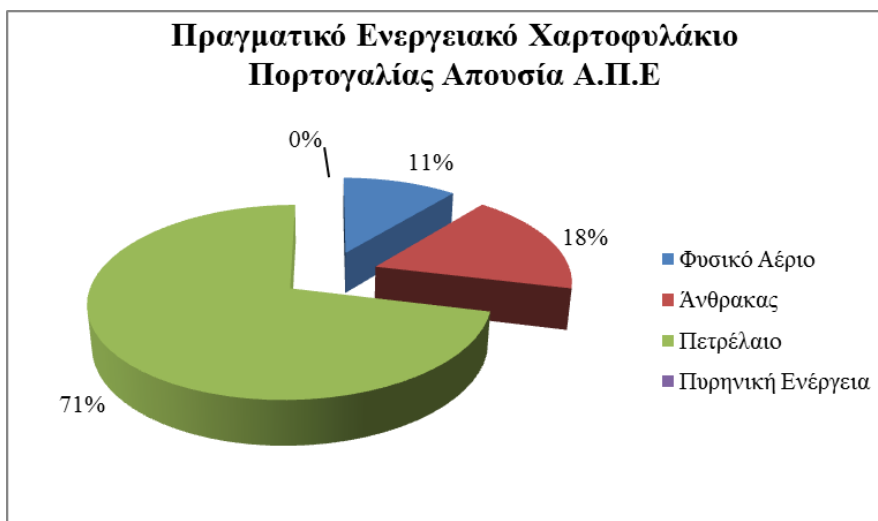
Σχήμα 4. 10 Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας (1991-2011)

Η εξάρτηση της Πορτογαλίας από το πετρέλαιο είναι εμφανέστατη στο πραγματικό ενεργειακό χαρτοφυλάκιο αυτής. Η μη παρουσία πυρηνικής ενέργειας αλλά και η παρουσία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας - συμπεριλαμβανομένων των Υδροηλεκτρικών - σε καλά επίπεδα συνθέτουν το ενεργειακό της μίγμα.



Σχήμα 4. 11 Πραγματικό Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας 2011

Η Πορτογαλία είναι μια χώρα που δεν διαθέτει πυρηνικά ούτε αρκετά Υδροηλεκτρικά. Στο χαρτοφυλάκιο απουσία Α.Π.Ε βλέπουμε την τρομερή εξάρτηση της από το πετρέλαιο. Η κατάσταση απουσία Α.Π.Ε είναι όμοια με αυτή της Νορβηγίας, αλλά να μην ξεχνάμε ότι οι μισές ενεργειακές ανάγκες της Νορβηγίας καλύπτονται από Υδροηλεκτρικά, ενώ στην Πορτογαλία έχουμε λίγα «νερά».



Σχήμα 4. 12 Πραγματικό Μέσο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας απουσία Α.Π.Ε

4.5 Σύνοψη κεφαλαίου

Στην παράγραφο αυτή θα κάνουμε μια σύνοψη της πραγματικής ενεργειακής οικονομίας όπως εξετάστηκε ενδελεχώς στις προηγούμενες παραγράφους. Στο επόμενο κεφάλαιο, αρχικά θα χρειαστούμε μόνο τις μορφές καυσίμων εκτός των Α.Π.Ε. Σκόπιμο θεωρείται λοιπόν να παρουσιάσουμε σε έναν πίνακα αναλυτικά τα ποσοστά των καυσίμων εκ των οποίων αποτελείται η κάθε μια από τις χώρες που εξετάζουμε. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται με την μορφή ποσοστών όλα τα μεγέθη που αναφέραμε.

| Χώρα | Φυσικό Αέριο | Άνθρακας | Πετρέλαιο | Ουράνιο | Ποσοστό Συνολικής Ενέργειας |
|------------|-----------------|----------|-----------|---------|-----------------------------------|
| Ισπανία | 15,71% | 15,78% | 57,31% | 11,20% | 92% |
| Σουηδία | 2,32% | 6,10% | 47,51% | 44,07% | 67% |
| Νορβηγία | 23,65% | 5,61% | 70,74% | 0,00% | 34% |
| Πορτογαλία | 10,99% | 17,79% | 71,22% | 0,00% | 86% |

Πίνακας 4. 2 Συγκεντρωτικός πίνακας ποσοστών καυσίμων ανά χώρα

Στο επόμενο κεφάλαιο θα εισάγουμε τα οικονομικά μεγέθη που χρειαζόμαστε, θα μελετήσουμε το Χαρτοφυλάκιο Ελαχίστου Κινδύνου και θα υπολογίσουμε το Αποτελεσματικό Μέτωπο, όπως έχουμε εξηγήσει σε προηγούμενα κεφάλαια. Ο πίνακας 4.2 θα είναι ιδιαίτερα σημαντικός στο τελευταίο κεφάλαιο όπου θα συγκρίνουμε τα θεωρητικά με τα πραγματικά δεδομένα και θα προτείνουμε λύσεις.

Κεφάλαιο 5^ο

Εύρεση Αποτελεσματικού Μετώπου και Ανάλυση

5.1 Συνοπτική παρουσίαση

Το παρόν κεφάλαιο αποτελείται από την ανάλυση των δεδομένων των χωρών προς μελέτη. Η ανάλυση των χαρτοφυλακίων γίνεται σύμφωνα και με τα πρώτα κεφάλαια και με την θεωρητική ανάλυση που έγινε περί χαρτοφυλακίων. Η θεωρία του Χάρι Μάρκοβιτς για την επιλογή του βέλτιστου χαρτοφυλακίου αποτελεί την κύρια μέθοδο ανάλυσης. Προκειμένου να επιλυθούν οι εξισώσεις γίνεται χρήση του πρόσθετου του Microsoft Excel[®], Solver Add-in.

Σε πρώτο στάδιο υπολογίστηκαν οι αποδόσεις και οι τυπικές αποκλίσεις των χρεογράφων ενέργειας (φυσικό αέριο, άνθρακας, πετρέλαιο, ουράνιο) και σχηματίστηκε ο πίνακας διακύμανσης - συνδιακύμανσης. Εξαιτίας του γεγονότος ότι αναλύουμε Ευρωπαϊκές χώρες, χρησιμοποιήθηκαν όλα τα στοιχεία σε κοινή βάση. Έτσι οδηγούμαστε στην δημιουργία ενός χαρτοφυλακίου και στην εύρεση όλων των χαρακτηριστικών του, δηλαδή του Χαρτοφυλακίου ελαχίστου κινδύνου και του Αποτελεσματικού Μετώπου. Θεωρήθηκε σκόπιμο προκειμένου να μην φτάσουμε σε αντιφάσεις και λανθασμένα συμπεράσματα να δημιουργηθούν δύο χαρτοφυλάκια. Το ένα που αποτελείται από τους παραπάνω τέσσερις τύπους καυσίμου και το άλλο που στερείται πυρηνικής ενέργειας. Αυτό θα μας βοηθήσει να αναλύσουμε την οικονομία κάθε χώρας με τις αντίστοιχες ιδιαιτερότητές της.

Στο επόμενο στάδιο έχουμε την εισαγωγή των Α.Π.Ε στα δύο χαρτοφυλάκια και η περαιτέρω ανάλυση με όλες πλέον τις μορφές καυσίμων. Εδώ η θεωρία του Tobin, όπως αναλύθηκε στα εισαγωγικά κεφάλαια μας βοηθάει να προχωρήσουμε σε εύστοχα συμπεράσματα.

5.2 Ανάλυση Βέλτιστου Χαρτοφυλακίου Τεσσάρων Τύπων Καυσίμων

Το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο που αποτελείται από τα τέσσερα βασικά καύσιμα τα οποία είναι το Φυσικό Αέριο, ο Άνθρακας, το Πετρέλαιο και το Ουράνιο μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την θεωρία του Χάρι Μάρκοβιτς. Στόχος μας σε πρώτη φάση είναι ο υπολογισμός του χαρτοφυλακίου ελαχίστου κινδύνου και στην συνέχεια του αποτελεσματικού μετώπου. Ο τελικός στόχος είναι να προσδιοριστούν τα ποσοστά συμμετοχής του κάθε τύπου καυσίμου στο χαρτοφυλάκιο.

Οι δύο παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν προκειμένου να δοθούν ως είσοδος στο πρόγραμμα που θα χρησιμοποιήσουμε για να προσδιορίσουμε το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου και το αποτελεσματικό μέτωπο είναι η απόδοση και ο κίνδυνος κάθε μορφής ενέργειας. Σύμφωνα με τα δεδομένα που εξέδωσε η Διεθνής Αρχή Ενέργειας (International Energy Agency - IEA) το έτος 2009, προκύπτουν τα παρακάτω κόστη για κάθε μορφή ενέργειας. Η απόδοση βεβαίως είναι το αντίστροφο του κόστους.

| Τεχνολογία | Κόστος (USD/Mwh) | Απόδοση (MWh/USD) |
|--------------|---------------------|-------------------|
| Άνθρακας | 33,30 | 30,03% |
| Ουράνιο | 25,36 | 39,43% |
| Φυσικό Αέριο | 39,20 | 25,51% |
| Πετρέλαιο | 100,00 | 10,00% |

Πίνακας 5. 1 Απόδοση τύπων καυσίμου

Η τυπική απόκλιση κάθε μιας μορφής ενέργειας δίνεται από τον παρακάτω πίνακα:

| Καύσιμο | Τυπική Απόκλιση |
|--------------|-----------------|
| Φυσικό αέριο | 0,26 |
| Άνθρακας | 0,25 |
| Πετρέλαιο | 0,26 |
| Ουράνιο | 0,14 |

Πίνακας 5. 2 Τυπική απόκλιση τύπων καυσίμου

Ο πίνακας των συντελεστών αυτοσυσχέτισης είναι:

| Καύσιμο | Φυσικό αέριο | Άνθρακας | Πετρέλαιο | Ουράνιο |
|--------------|--------------|----------|-----------|---------|
| Φυσικό αέριο | 1 | 0,35 | 0,54 | 0,41 |
| Άνθρακας | 0,35 | 1 | 0,33 | 0,43 |
| Πετρέλαιο | 0,54 | 0,33 | 1 | 0,42 |
| Ουράνιο | 0,41 | 0,43 | 0,42 | 1 |

Πίνακας 5. 3 Πίνακας συντελεστών αυτοσυσχέτισης καυσίμων

Κάνοντας χρήση της τυπικής απόκλισης και του πίνακα που δίνει την αυτοσυσχέτιση μεταξύ των καυσίμων δημιουργούμε τον πίνακα Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης όπως ενδελεχώς έχει αναλυθεί στο θεωρητικό μέρος. Ο πίνακας Διακύμανσης - Συνδιακύμανσης είναι ο παρακάτω:

| Καύσιμο | Φυσικό αέριο | Άνθρακας | Πετρέλαιο | Ουράνιο |
|--------------|--------------|----------|-----------|---------|
| Φυσικό αέριο | 7% | 0% | 4% | 1% |
| Άνθρακας | 0% | 6% | 2% | 2% |
| Πετρέλαιο | 4% | 2% | 7% | 2% |
| Ουράνιο | 1% | 2% | 2% | 2% |

Πίνακας 5. 4 Πίνακας Διακύμανσης – Συνδιακύμανσης

Η λύση προκειμένου να προσδιοριστεί το ενεργειακό πλέον χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου θα δοθεί μέσω επεξεργασίας των δεδομένων σε υπολογιστικό φύλλο του excel. Η χρήση του πρόσθετου επίλυσης (excel solver) κρίθηκε απαραίτητη προκειμένου να βρεθεί η βέλτιστη λύση. Η αναμενόμενη απόδοση καθώς και ο κίνδυνος του Χαρτοφυλακίου βρίσκονται με βάση τους τύπους:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot E(r_i)$$

$$\sigma_p = \sum_{i=1}^n w_i^2 \cdot \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n w_i \cdot w_j \cdot \sigma_{ij}$$

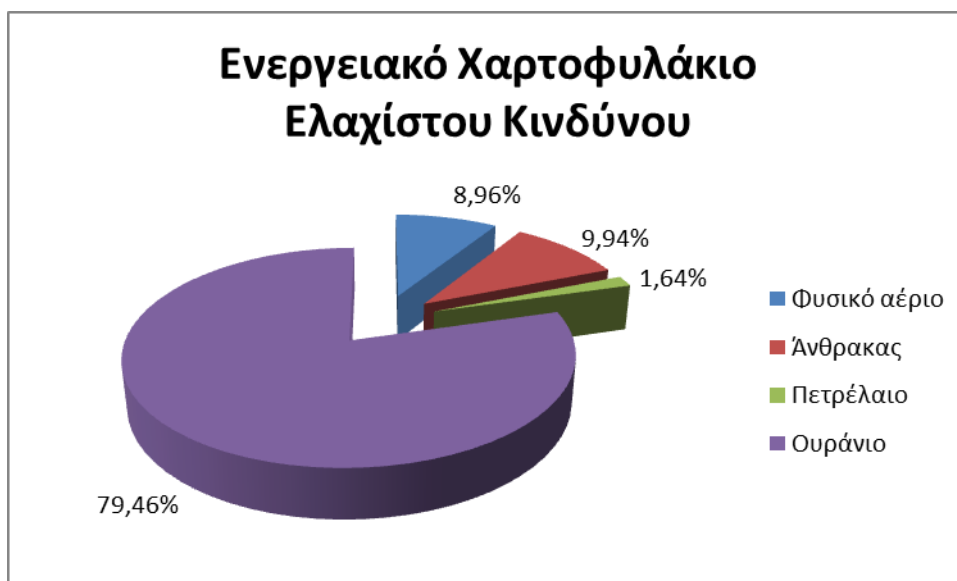
Στόχος μας προκειμένου να προσδιορίσουμε το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου είναι να βελτιστοποιήσουμε τα βάρη των τεσσάρων ενεργειακών χρεογράφων (φυσικό αέριο, άνθρακας, πετρέλαιο, ουράνιο) έτσι ώστε να μειώσουμε την τυπική απόκλιση σ_p του χαρτοφυλακίου. Οι περιορισμοί που έχουμε στα βάρη των χρεογράφων είναι οι εξής:

$$\sum_{i=1}^4 X_i = 1$$

και

$$X_i \geq 0 \quad \forall i$$

Καταλήγουμε λοιπόν, μετά από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων ότι το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου αποτελείται από το εξής ενεργειακό μίγμα καυσίμων, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5. 1 Ποσοστά καυσίμων που συντελούν το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου παρουσία ουρανίου

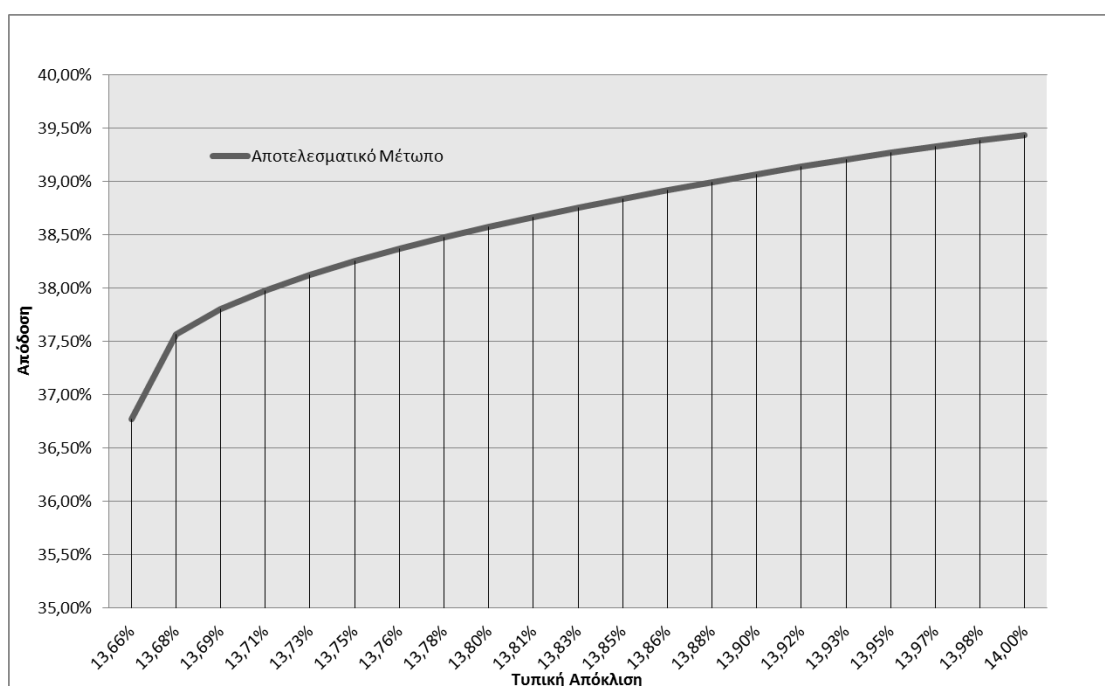
| Χαρτοφυλάκιο | Ελαχίστου Κινδύνου |
|----------------|--------------------|
| Απόδοση | Κίνδυνος |
| 36,768% | 13,66% |

Πίνακας 5. 5 Απόδοση και Τυπική Απόκλιση Χαρτοφυλακίου Ελαχίστου Κινδύνου παρουσία Ουρανίου

Το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου αποτελείται από τις τέσσερις μορφές καυσίμων και την μερίδα του λέοντος κατέχει το Ουράνιο σε ποσοστό 79,46% . Ακολουθούν ο Άνθρακας με 9,94% και το φυσικό αέριο με 8,96% και στην τελευταία θέση βρίσκεται το πετρέλαιο με ποσοστό 1,64%. Η σημαντική παρατήρηση που θα μπορούσε να κάνει κάποιος είναι ότι ο συνολικός κίνδυνος του χαρτοφυλακίου μειώθηκε περισσότερο και από το ενεργειακό χρεόγραφο που εμπεριέχει τον μικρότερο κίνδυνο, δηλαδή το ουράνιο. Η τυπική απόκλιση του ουρανίου είναι 14%

ενώ το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου έχει τυπική απόκλιση 13,66%. Αυτό οφείλεται στην αρχή της διαφοροποίησης. Η διαφορά αυτή δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη καθώς το καύσιμο με τον μικρότερο κίνδυνο, δηλαδή το ουράνιο, έχει μεν την μικρότερη τυπική απόκλιση αλλά παράλληλα έχει και την μεγαλύτερη απόδοση. Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι ο συνολικός κίνδυνος μειώθηκε.

Το αποτελεσματικό μέτωπο βρέθηκε με αφετηρία το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου. Γνωρίζοντας την ελάχιστη τιμή της τυπικής απόκλισης, δώσαμε βήμα περίπου ίσο με 0,017% και αναζητήσαμε τα βάρη των τύπων καυσίμου που μεγιστοποιούν την απόδοση του χαρτοφυλακίου. Να τονιστεί ότι το ανώτατο σημείο του αποτελεσματικού μετώπου είναι αυτό που διαθέτει εξ' ολοκλήρου το χρεόγραφο με την υψηλότερη απόδοση, δηλαδή για την περίπτωση των καυσίμων, το ουράνιο με απόδοση 39,43%. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το αποτελεσματικό μέτωπο.



Σχήμα 5. 2 Το αποτελεσματικό μέτωπο παρουσία ουρανίου

5.3 Ανάλυση Βέλτιστου Χαρτοφυλακίου Τριών Τύπων Καυσίμων

Η μελέτη που κάνουμε περιλαμβάνει χώρες οι οποίες δεν διαθέτουν πυρηνικά. Είναι λοιπόν ορθό να μελετήσουμε και να κατασκευάσουμε το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου απουσία του ουρανίου. Η μελέτη αυτού του χαρτοφυλακίου θα μας βοηθήσει να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα στην συνέχεια. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την περίπτωση του χαρτοφυλακίου τεσσάρων τύπων καυσίμου χρησιμοποιούνται κι εδώ, ακριβώς όπως αναλύθηκαν. Μηδενίζοντας λοιπόν όλα τα στοιχεία του ουρανίου, στην αρχική επίλυση του excel προκύπτει για τα τρία χρεόγραφα (φυσικό αέριο, άνθρακας, πετρέλαιο) το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου που παρουσιάζεται παρακάτω.

Καταλήγουμε λοιπόν, μετά από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων ότι το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου αποτελείται από το εξής ενεργειακό μίγμα καυσίμων, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



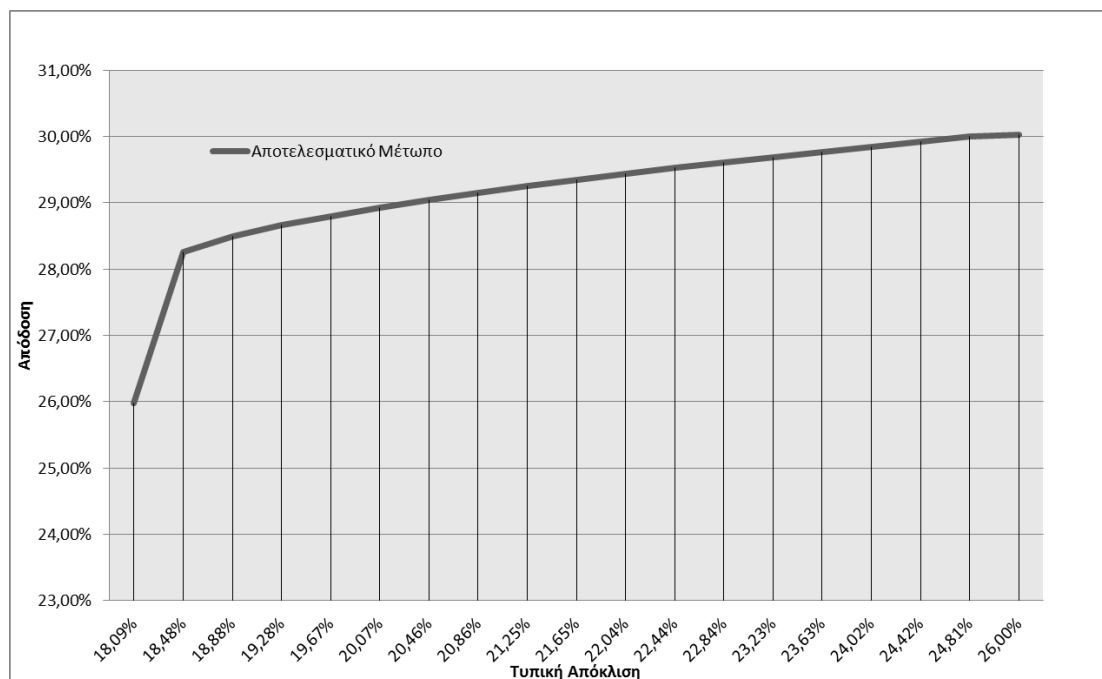
Σχήμα 5. 3 Ποσοστά καυσίμων που συντελούν το χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου απουσία ουρανίου

| Χαρτοφυλάκιο | Ελαχίστου Κινδύνου |
|--------------|--------------------|
| Απόδοση | Κίνδυνος |
| 25,974% | 18,09% |

Πίνακας 5. 6 Απόδοση και Τυπική Απόκλιση Χαρτοφυλακίου Ελαχίστου Κινδύνου απουσία Ουρανίου

Παρατηρούμε λοιπόν ότι στην περίπτωση που η χώρα δεν διαθέτει πυρηνική ενέργεια ή δεν προτίθεται να χρησιμοποιήσει πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής, η μορφή του ελάχιστου χαρτοφυλακίου αλλάζει. Ο άνθρακας και το φυσικό αέριο κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό και το πετρέλαιο αποτελεί το ένα δέκατο του ενεργειακού μίγματος. Βεβαίως ένα τέτοιο χαρτοφυλάκιο έχει και μικρότερη αναμενόμενη απόδοση και μεγαλύτερο κίνδυνο σε σύγκριση με το χαρτοφυλάκιο που εμπεριέχει ουράνιο.

Το αποτελεσματικό μέτωπο για το χαρτοφυλάκιο αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5. 4 Το αποτελεσματικό μέτωπο απουσία ουρανίου

5.4 Εισαγωγή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Χαρτοφυλάκιο

Σύμφωνα με την θεωρία που αναπτύξαμε στα πρώτα κεφάλαια θα χαραχθεί παρακάτω η ευθεία που ως σημείο τομής στον άξονα της απόδοσης έχει ένα χαρτοφυλάκιο που αποτελείται 100% από τις Α.Π.Ε. Η ευθεία που προκύπτει και έχει εξίσωση:

$$E(r) = 1.9693 \cdot \sigma_p + 0,1109$$

σε συνδυασμό με την μεγιστοποίηση του κ , όπου:

$$\kappa = \frac{E(r_p) - r_f}{\sigma_f}$$

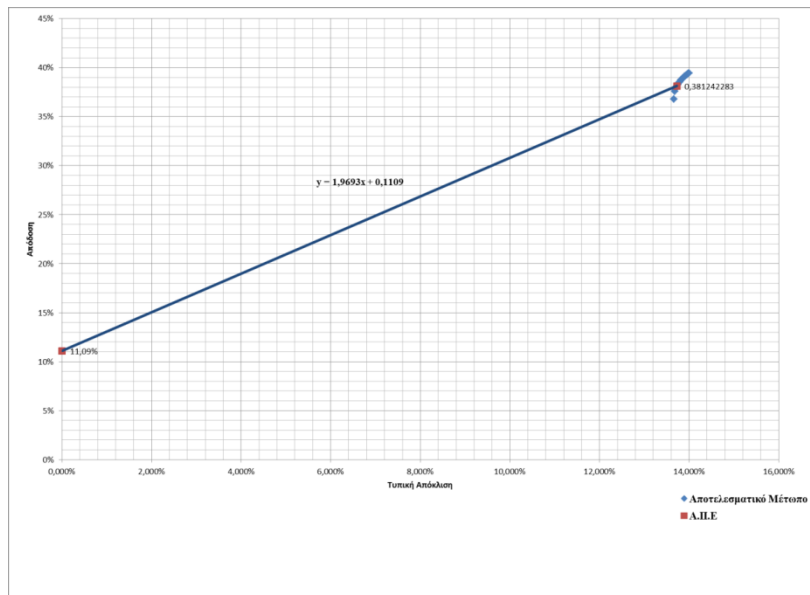
Και το κοινό σημείο με το αποτελεσματικό μέτωπο έχει συντεταγμένες Απόδοσης και Τυπικής Απόκλισης:

$$E = 38,124\%$$

και

$$\sigma_p = 13,728\%$$

Στο παρακάτω διάγραμμα μπορούμε να δούμε αναλυτικά την παραπάνω ευθεία σε συνδυασμό με το Αποτελεσματικό Μέτωπο.



Σχήμα 5. 5 Αποτελεσματικό μέτωπο με Α.Π.Ε παρουσία ουρανίου

Στο σημείο τομής της ευθείας με την παρουσία Α.Π.Ε και του Αποτελεσματικού Μετώπου τα ποσοστά που κυριαρχούν για το χαρτοφυλάκιο που περιέχει κίνδυνο είναι τα εξής:

| Καύσιμο | Ποσοστό |
|--------------|---------|
| Φυσικό αέριο | 5,00% |
| Άνθρακας | 6,50% |
| Πετρέλαιο | 0,00% |
| Ουράνιο | 88,49% |

Πίνακας 5. 7 Ποσοστά καυσίμων-Σημείο μεγιστοποίησης θ , παρουσία ουρανίου

Στην περίπτωση όπου δεν διαθέτουμε πυρηνική Ενέργεια, η εξίσωση διαφοροποιείται και η ευθεία που προκύπτει έχει εξίσωση:

$$E(r) = 0,9113 \cdot \sigma_p + 0,1109$$

σε συνδυασμό με την μεγιστοποίηση του θ , όπου:

$$\theta = \frac{E(r_p) - r_f}{\sigma_f}$$

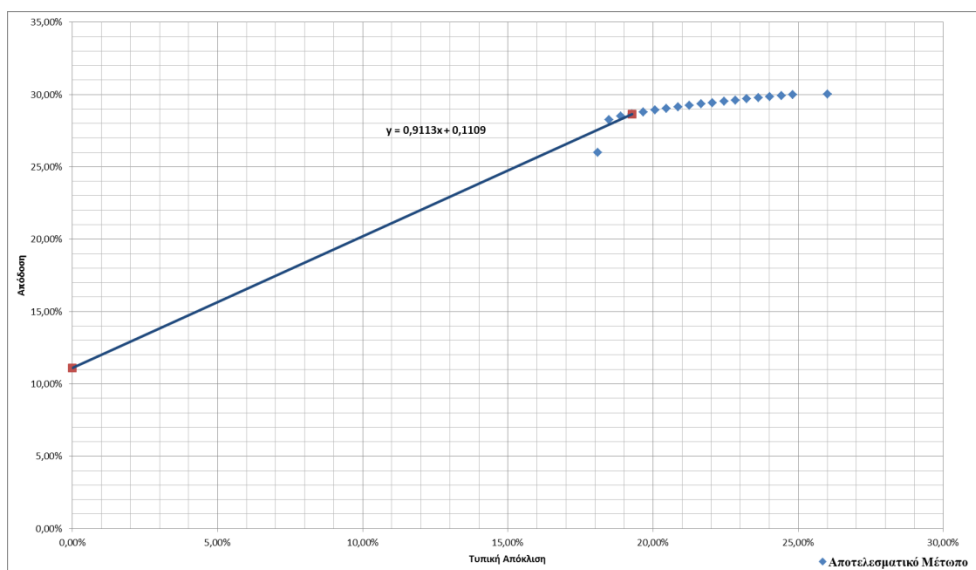
Το κοινό σημείο με το αποτελεσματικό μέτωπο έχει συντεταγμένες Απόδοσης και Τυπικής Απόκλισης:

$$E = 28,665\%$$

και

$$\sigma_p = 19,275\% \%$$

Στο παρακάτω διάγραμμα μπορούμε να δούμε αναλυτικά την παραπάνω ευθεία σε συνδυασμό με το Αποτελεσματικό Μέτωπο.



Σχήμα 5. 6 Αποτελεσματικό μέτωπο με Α.Π.Ε απουσία ουρανίου

Στο σημείο τομής της ευθείας με την παρουσία Α.Π.Ε και του Αποτελεσματικού Μετώπου τα ποσοστά που κυριαρχούν για το χαρτοφυλάκιο που περιέχει κίνδυνο είναι τα εξής:

| Καύσιμο | Ποσοστό |
|--------------|---------|
| Φυσικό αέριο | 30,39% |
| Άνθρακας | 69,61% |
| Πετρέλαιο | 0,00% |

Πίνακας 5. 8 Ποσοστά καυσίμων-Σημείο μεγιστοποίησης θ απουσία ουρανίου

5.5 Απόδοση και κίνδυνος πραγματικών χαρτοφυλακίων

Τα δεδομένα που αναλύθηκαν παραπάνω επεξεργάστηκαν και προέκυψε ο πίνακας Απόδοσης –Τυπικής Απόκλισης για τα πραγματικά ενεργειακά μίγματα. Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να παρατηρήσουμε την απόδοση και τον κίνδυνο κάθε μιας από τις χώρες που εξετάστηκαν. Ο πρώτος πίνακας είναι αυτός που μας δείχνει το επικίνδυνο χαρτοφυλάκιο (που αποτελείται μόνο από τα καύσιμα που εμπεριέχουν κίνδυνο) και ο δεύτερος τον πραγματικό συνδυασμό χαρτοφυλακίων για κάθε χώρα.

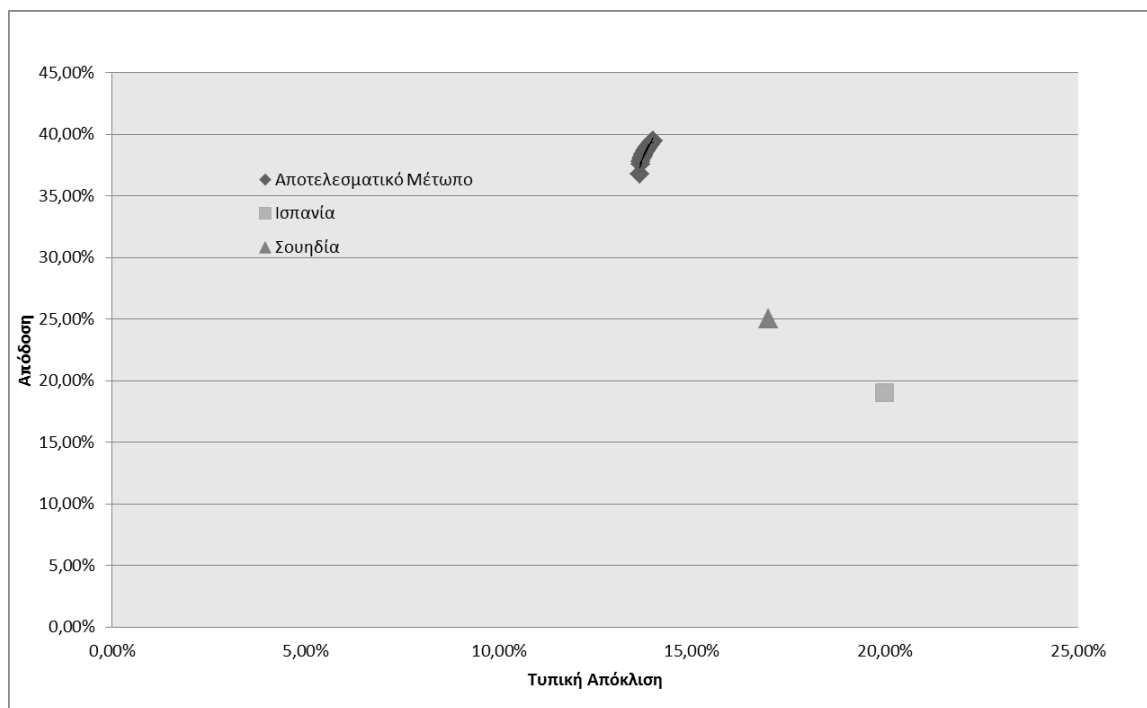
| Χώρα | Απόδοση | Τυπική Απόκλιση |
|------------|---------|-----------------|
| Ισπανία | 18,89% | 19,80% |
| Σουηδία | 24,55% | 17,00% |
| Νορβηγία | 14,79% | 22,75% |
| Πορτογαλία | 15,27% | 21,98% |

Πίνακας 5. 9 Απόδοση και τυπική απόκλιση πραγματικών ενεργειακών χαρτοφυλακίων απουσία Α.Π.Ε

| Χώρα | Απόδοση | Τυπική Απόκλιση |
|------------|---------|-----------------|
| Ισπανία | 17,40% | 18,16% |
| Σουηδία | 17,72% | 11,45% |
| Νορβηγία | 9,86% | 7,73% |
| Πορτογαλία | 13,31% | 18,84% |

Πίνακας 5. 10 Απόδοση και τυπική απόκλιση πραγματικών ενεργειακών χαρτοφυλακίων παρουσία Α.Π.Ε

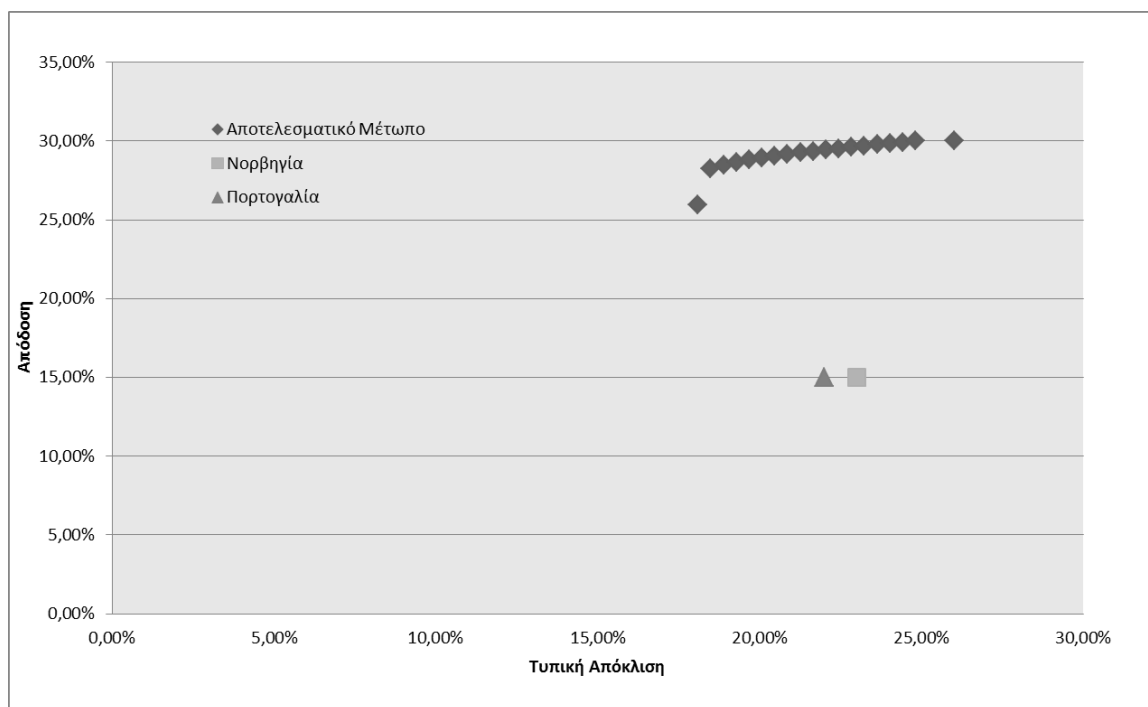
Παρατηρούμε ότι οι αριθμοί παραπέμπουν σε «όχι» αποτελεσματικά χαρτοφυλάκια. Αυτό το γεγονός είναι κάτι αναμενόμενο καθώς η παρουσία του πετρελαίου στο ενεργειακό μίγμα είναι μεγάλη και για τις τέσσερις χώρες. Αυτό σημαίνει ότι είναι λογικό να έχουμε χαμηλή απόδοση και μεγαλύτερο κίνδυνο από την λύση που μας δίνει ο Χάρι Μάρκοβιτς και η θεωρία του. Στα επόμενα σχήματα μπορούμε να δούμε που βρίσκονται σε σχέση με το αποτελεσματικό σύνορο τα πραγματικά χαρτοφυλάκια των χωρών. Στο πρώτο διάγραμμα είναι η Ισπανία και η Σουηδία που διαθέτουν πυρηνικά ενώ στο δεύτερο η Νορβηγία και η Πορτογαλία που στερούνται πυρηνικών. Τα χαρτοφυλάκια με τα οποία γίνεται η σύγκριση είναι βεβαίως όμοια με τις χώρες όσον αφορά τα περιεχόμενα καύσιμα. Η ανάγνωση των διαγραμμάτων χρειάζεται αρκετή προσοχή καθώς το αποτελεσματικό μέτωπο δεν είναι αρκετά ευρύ.



Σχήμα 5. 7 Αποτελεσματικό μέτωπο και Πραγματικά χαρτοφυλάκια Ισπανίας-Σουηδίας χωρίς Α.Π.Ε

Στο διάγραμμα παρατηρούμε ότι Ισπανία και Σουηδία βρίσκονται αρκετά μακριά από το αποτελεσματικό μέτωπο. Στο ίδιο επίπεδο κινδύνου υπάρχουν πολύ αποδοτικότερα μίγματα. Εύκολα βέβαια παρατηρεί κανείς ότι η Σουηδία διαθέτει αποδοτικότερο

ενεργειακό μίγμα από την Ισπανία καθώς έχει περισσότερη απόδοση και λιγότερο κίνδυνο. Η ανάλυση που θα ακολουθήσει στο 6^ο Κεφάλαιο θα ασχοληθεί με την οδήγηση αυτών των σημείων σε περισσότερο αποδοτικά μονοπάτια.



Σχήμα 5. 8 Αποτελεσματικό μέτωπο και Πραγματικά χαρτοφυλάκια Νορβηγίας-Πορτογαλίας χωρίς Α.Π.Ε

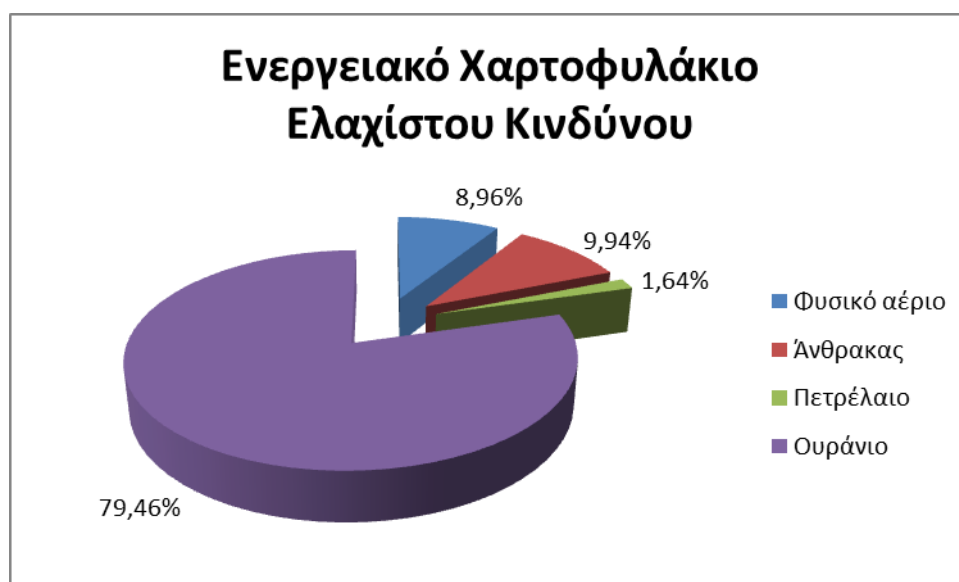
Στο διάγραμμα όπου το αποτελεσματικό μέτωπο του χαρτοφυλακίου με τρία καύσιμα συγκρίνεται με τις πραγματικές αποδόσεις της Νορβηγίας και της Πορτογαλίας μπορούμε να δούμε πόσο μοιάζουν ενεργειακά οι δύο αυτές χώρες . Η απόδοση τους και η τυπική τους απόκλιση δεν βρίσκονται και στα καλύτερα επίπεδα. Στο επόμενο κεφάλαιο θα υπάρξει περαιτέρω ανάλυση.

Κεφάλαιο 6^ο

Εξαγωγή συμπερασμάτων

6.1 Συμπεράσματα μετά την ανάλυση των χαρτοφυλακίων

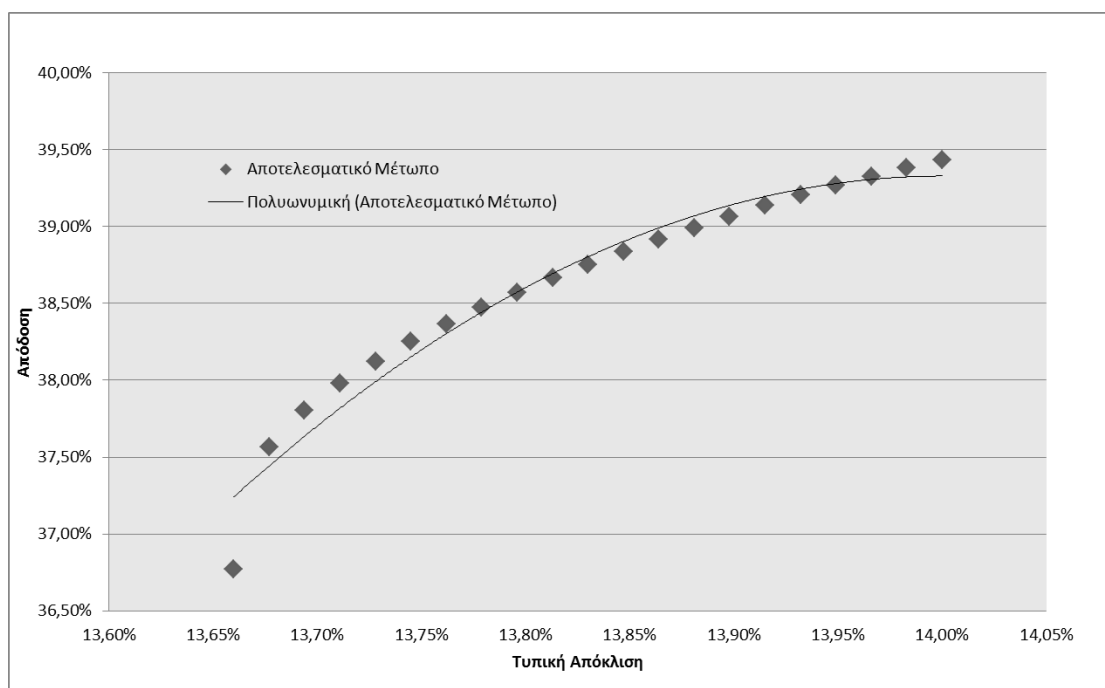
Ο υπολογισμός του αποτελεσματικού μετώπου στο προηγούμενο κεφάλαιο μας βοηθά να έχουμε μια πολύ καλή εικόνα για το πιο θα είναι το ενεργειακό μείγμα κάθε μιας από τις χώρες που μελετούμε. Ανακεφαλαιώνοντας, οι χώρες που διαθέτουν πυρηνικά εργοστάσια και ως συνέπεια αυτού χρησιμοποιούν ουράνιο, προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο πρέπει να διατηρήσουν ένα μείγμα όπως αυτό που παρουσιάζεται παρακάτω.



Σχήμα 6. 1 Ενεργειακό χαρτοφυλάκιο ελαχίστου κινδύνου παρουσία ουρανίου

Τυχόν διαφοροποιήσεις από αυτό μπορούν να γίνουν αυξάνοντας το ποσοστό του ουρανίου και μειώνοντας το ποσοστό των άλλων μορφών καυσίμου. Βέβαια έτσι θα

οδηγηθούν σε μια κατάσταση που περιλαμβάνει περισσότερο κίνδυνο. Μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δοθεί ωστόσο και στην Λευκή Βίβλο (White Book). Υπάρχει περίπτωση η χώρα προς εξέταση να έχει περιορισμούς ως προς την χρήση ουρανίου. Στο παρόν κεφάλαιο δεν θα λάβουμε υπ' όψιν κάθε τέτοιο περιορισμό και θα προσπαθήσουμε να βρούμε πιο μείγμα ταιριάζει περισσότερο σε κάθε χώρα ή πως αυτό θα μπορούσε να διαφοροποιηθεί ώστε να γίνει αποδοτικότερο και με λιγότερο κίνδυνο το ενεργειακό χαρτοφυλάκιο.



Σχήμα 6. 2 Αποτελεσματικό μέτωπο με πολυωνμική προσέγγιση παρουσία ουρανίου

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύθηκε διεξοδικά πως κάθε χώρα διανέμει τα ποσοστά της στα καύσιμα και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η πρόταση για το ενεργειακό χαρτοφυλάκιο προκύπτει και με βάση τα πραγματικά δεδομένα για τις αντίστοιχες ενεργειακές οικονομίες. Να τονιστεί ότι στις προτάσεις που ακολουθούν οι περιορισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν λαμβάνονται υπ' όψιν.

6.2 Οι παραδοχές πριν την εξαγωγή συμπερασμάτων

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στους περιορισμούς της Ε.Ε χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψιν στην μελέτη. Θα ήταν σημαντικό να παρουσιάζουμε και τους περιορισμούς της Ε.Ε προκειμένου να υπάρξει αύξηση της ανταγωνιστικότητας και σίγουρα ανταγωνιστικός στόχος στην εξαγωγή των ποσοστών. Κάτι τέτοιο όμως απαιτεί πολλά δεδομένα και σίγουρα είναι εκτός των ορίων της παρούσας διπλωματικής. Η Ε.Ε έχει ως στόχο της μείωση της εισαγωγής υδρογονανθράκων γι' αυτό και τα αποτελέσματα θα έχουν ως κύριο καύσιμο το ουράνιο (στο μεγαλύτερο ποσοστό). Στις περιπτώσεις όπου δεν μπορούμε να κάνουμε χρήση του ουρανίου, καθώς η προς μελέτη χώρα δεν διαθέτει πυρηνικά εργοστάσια, θα γίνει μια προσπάθεια προκειμένου να γίνει αποδοτικότερο και λιγότερο επικίνδυνο το ενεργειακό μείγμα με τους αντίστοιχους υδρογονάνθρακες.

Τα συμπεράσματα που θα ακολουθήσουν στις επόμενες ενότητες βασίζονται στην παραδοχή ότι δεν είναι δυνατόν να αλλάξει τρομερά μορφή μια ενεργειακή οικονομία μέσα σε δέκα με είκοσι χρόνια. Με βάση αυτήν την κατευθυντήρια γραμμή η εξαγωγή συμπερασμάτων έγινε με βάση τα πραγματικά δεδομένα και την ανάλυση του βέλτιστου ενεργειακού χαρτοφυλακίου, όπως αυτό παρουσιάστηκε στο πέμπτο κεφάλαιο .

Θα ήταν προτιμότερο να γίνει μια μελέτη η οποία θα ας βοηθούσε να καταλάβουμε πόσο εύπλαστο είναι το ενεργειακό μείγμα κάθε χώρας. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι οι ήδη υπάρχοντες ενεργειακοί σταθμοί διαθέτουν άδειες παραγωγής και προκειμένου η ανταγωνιστικότητα να διατηρείται-και σύμφωνα με την Ε.Ε. - σε υψηλά επίπεδα, δεν είναι εφικτό να εξαφανίσουμε από το ενεργειακό προτεινόμενο μείγμα το πετρέλαιο, καύσιμο ακριβό και με μεγάλη ευαισθησία στην τιμή. Εφόσον η εξάλειψη του πετρελαίου από τις ενεργειακές «πίτες» είναι κάτι το μη πραγματοποιήσιμο στο άμεσο μέλλον, έγινε μια προσπάθεια μείωσης των ποσοστών του και αντικατάστασης του με αποδοτικότερες μορφές καυσίμων.

Σκόπιμο θα ήταν να μελετηθεί κάθε χώρα ξεχωριστά. Οι δυνατότητα αύξησης των ποσοστών συγκεκριμένων καυσίμων αλλά και η δυνατότητα μείωσης άλλων θα μπορούσε να μας δώσει μια καλύτερη εικόνα και να αποφανθούμε με περισσότερη ακρίβεια στα συμπεράσματά μας. Η συγκεκριμένη όμως μελέτη είναι εκτός ορίων καθώς θα απαιτούσε διπλάσιο χρόνο και θα απέκλινε από το θέμα της ενεργειακής διαχείρισης χαρτοφυλακίου. Αποτελεί βέβαια ένα σημαντικό κομμάτι έρευνας και θα βοηθούσε ιδιαίτερα στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στην παρούσα διπλωματική και μετά από την ανάγνωση στοιχείων της ΙΕΑ που αφορούν γενικά την Ευρωπαϊκή Ένωση έγινε μια ποιοτική αποτίμηση των ποσοστών. Στα χαρτοφυλάκια που θα ακολουθήσουν τα ποσοστά αύξησης και μείωσης των καυσίμων (φυσικό αέριο-άνθρακας πετρέλαιο) αυξάνονται και μειώνονται περίπου στο 10%-15%. Επίσης, σύμφωνα και με την προοπτική που έχει και η Ε.Ε δηλαδή την παροχή ενέργειας σε 20% από Α.Π.Ε, σε αυτό το ποσοστό θα εισάγουμε τις Α.Π.Ε στο χαρτοφυλάκιο. Τα ποσοστά αυτά είναι μεγέθη που συμβαδίζουν με την πραγματικότητα όμως δεν είναι το ακριβές μέγεθος των προβλέψεων. Παραμένει όμως εντός των πραγματικών ορίων.

Ο βασικότερος παράγοντας που ρυθμίζει κάθε ενεργειακή και οικονομική μελέτη είναι ο χρόνος. Η περίοδος που μελετούμε και η χρονική στιγμή στην οποία θέλουμε να εξάγουμε τα συμπεράσματά μας και να προτείνουμε λύσεις καθορίζει και όλη την μελέτη. Οι προτάσεις που ακολουθούν έχουν ως βάση τα είκοσι χρόνια από το 2013 προκειμένου να έχουν φύγει από την παραγωγή οι σταθμοί πετρελαίου και να έχουν απομείνει κάποιοι φυσικού αερίου και άνθρακα. Επίσης, σύμφωνα και με την προοπτική που έχει και η Ε.Ε δηλαδή την παροχή ενέργειας σε 20% από Α.Π.Ε., σε αυτό το ποσοστό θα εισάγουμε τις Α.Π.Ε στο χαρτοφυλάκιο.

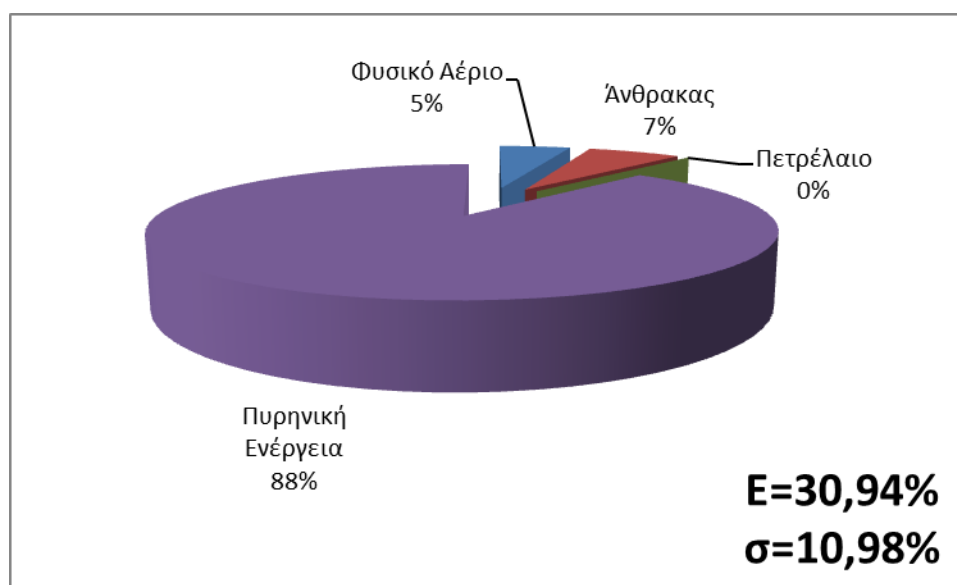
6.3 Συμπεράσματα και προτάσεις για την Ισπανία και την Σουηδία

Οι χώρες Ισπανία και Σουηδία διαθέτουν πυρηνική ενέργεια στο ενεργειακό τους χαρτοφυλάκιο. Αυτό μας επιτρέπει να κάνουμε χρήση του πλήρους χαρτοφυλακίου (παρουσία ουρανίου) το αποτελεσματικό μέτωπο του οποίου δόθηκε γραφικά παραπάνω. Οι προτάσεις για τις χώρες Ισπανία και Σουηδία σχετικά με την χρήση καυσίμων, χωρίς δηλαδή της παρουσία των Α.Π.Ε είναι αυτές του Αποτελεσματικού Μετώπου. Βέβαια τα ποσοστά όπως θα παρατηρήσει κανείς είναι λίγο διαφορετικά σε κάθε περίπτωση. Η επόμενη παράγραφος ίσως ξεκαθαρίσει τον λόγο για τον οποίο υπάρχει αυτή η μικρή διαφοροποίηση.

Το αποτελεσματικό χαρτοφυλάκιο δεν είναι τίποτε άλλο-και επιτρέψτε μου εδώ την παρομοίωση- παρά ένα τέλειο ενεργειακό και παράλληλα οικονομικό κουστούμι. Βεβαίως, όπως και όλα τα τέλεια σχεδιασμένα ρούχα, απαιτεί κάποια μικρή διαφοροποίηση προκειμένου να ταιριάζει επακριβώς σε αυτόν που το χρησιμοποιεί. Έτσι λοιπόν στο κουστούμι αυτό, στο αποτελεσματικό μέτωπο, πρέπει να γίνουν κάποιες αλλαγές ώστε να ταιριάζει στην Ισπανία και στην Σουηδία.

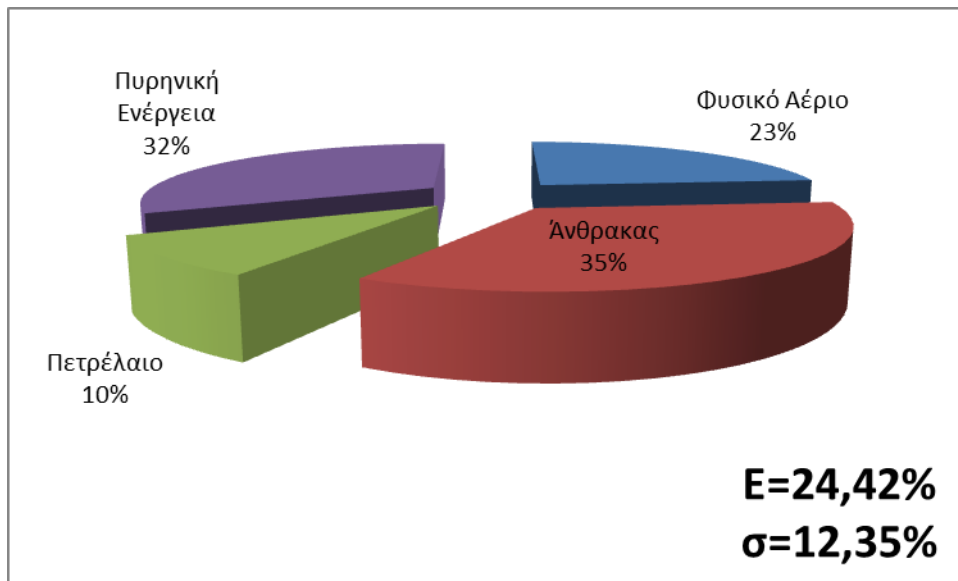
Μελετώντας το ενεργειακό χαρτοφυλάκιο της Ισπανίας , παρατηρούμε ότι το ποσοστό συμμετοχής του ουρανίου είναι σε χαμηλά ποσοστά σε σχέση με αυτό που επιθυμούμε. Η Ισπανία διαθέτει αρκετά πυρηνικά εργοστάσια ικανά αυτήν την στιγμή να καλύψουν το 11% της συνολικής ενέργειας προερχόμενης από καύσιμα που εμπεριέχουν κίνδυνο. Το ποσοστό αυτό σύμφωνα με την μελέτη που έγινε στο πέμπτο κεφάλαιο είναι αρκετά χαμηλό. Το βασικότερο συμπέρασμα αυτής της ανάλυσης είναι η πλήρης απεξάρτηση από το πετρέλαιο. Σύμφωνα με αυτά , προκειμένου να καταλιξουμε σε ένα χαρτοφυλάκιο το οποίο θα έχει μεγαλύτερη απόδοση και μικρότερο κίνδυνο, θα πρέπει το ποσοστό του πετρελαίου να καλυφθεί από ουράνιο. Παράλληλα θα πρέπει το φυσικό αέριο και η κατανάλωση άνθρακα να μειωθούν ώστε να έχουμε περαιτέρω αύξηση της απόδοσης και μείωση του κινδύνου.

Στο πρώτο διάγραμμα βλέπουμε την κατανομή των ποσοστών των καυσίμων όπως τα έχουμε από την μελέτη του χαρτοφυλακίου. Κάποιος θα μπορούσε να παρατηρήσει ότι είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθούν αυτά τα ποσοστά ακόμη και στα επόμενα 20 χρόνια. Προκειμένου η πρόταση να είναι εντός της πραγματικότητας θα πρέπει να θεωρήσουμε κάποια αύξηση ή μείωση των ποσοστών σαν στόχο ώστε να επιτύχουμε ένα βελτιωμένο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο και από πλευράς απόδοσης και από πλευράς τυπικής απόκλισης.



Σχήμα 6. 3 Η θεωρητική προσέγγιση παρουσία ουρανίου

Στο επόμενο διάγραμμα με μια μακροπρόθεσμη μείωση των ποσοστών συμμετοχής του πετρελαίου και ταυτόχρονη αύξηση του ουρανίου και των άλλων συνιστωσών έχουμε ένα ενεργειακό χαρτοφυλάκιο με λιγότερη απόδοση σε σχέση με το θεωρητικό-βέλτιστο και μεγαλύτερη τυπική απόκλιση. Βεβαίως δεν υπάρχει σύγκριση αυτής της πρότασης με το πραγματικό ενεργειακό φυλάκιο της χώρας καθώς υπερτερεί και σε απόδοση και σε επίπεδο κινδύνου. Το κύριο χαρακτηριστικό είναι ότι ένα τέτοιο χαρτοφυλάκιο είναι εφικτό να δημιουργηθεί σε βάθος χρόνου με σταδιακή μείωση των πετρελαϊκών μονάδων και εισαγωγή μονάδων πυρηνικής ενέργειας και φυσικού αερίου-άνθρακα.



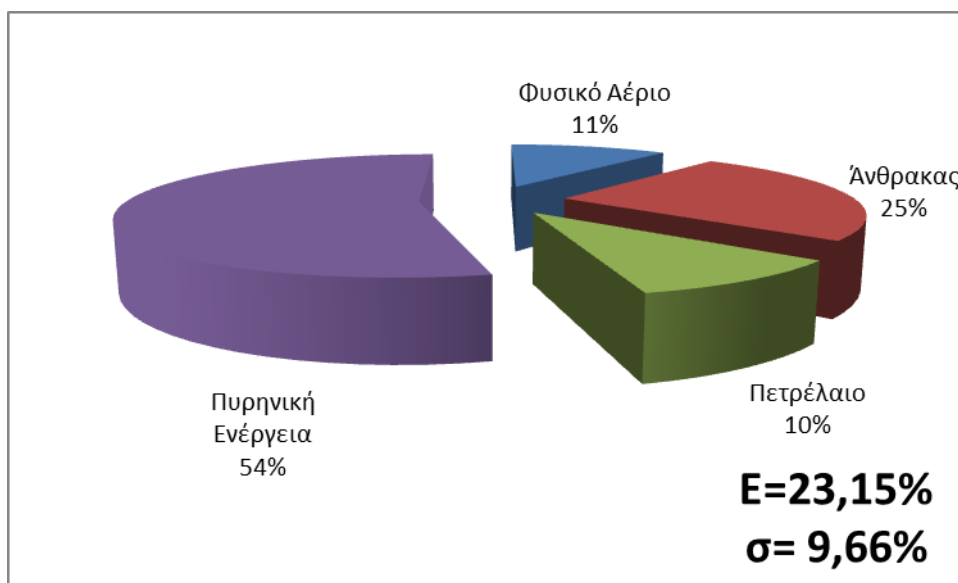
Σχήμα 6. 4 Βελτιωμένο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Ισπανίας

Τέλος, μια βραχυπρόθεσμη μελέτη δεν θα είχε κάποιο νόημα, αν σκεφτεί κάποιος ότι απαιτούνται χρόνια για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την εισαγωγή στο σύστημα μιας μονάδος ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, οι υπάρχουσες μονάδες έχουν συμβόλαια που λήγουν σε κάποιο χρονικό διάστημα από σήμερα, οπότε δεν είναι εύκολο να βγουν από το χαρτοφυλάκιο.

Η Σουηδία φαίνεται να είναι περισσότερο ευέλικτη καθώς διαθέτει ένα καλό σχετικά ενεργειακό μείγμα. Η πυρηνική ενέργεια καλύπτει το 44% και θα μπορέσει να καλύψει ένα ποσοστό της τάξης του 54%-αύξηση 10%- κάνοντας ένα μελλοντικό πλάνο βελτίωσης του ενεργειακού χαρτοφυλακίου. Η ταυτόχρονη μείωση των πετρελαϊκών μονάδων με στόχο της οριστική εξάλειψη τους στο ποσοστό του 10% και η αύξηση του φυσικού αερίου και του άνθρακα μας δίνουν το παρακάτω ενεργειακό μείγμα.

Σημαντική είναι η παρατήρηση ότι η Σουηδία διαθέτει ανανεώσιμες πηγές σε μεγάλο ποσοστό. Τα υδροηλεκτρικά καθώς και οι άλλες μορφές ανανεώσιμων πηγών

καλύπτουν κατά μέσο όρο περισσότερο από 30% των ενεργειακών αναγκών της. Λογικό φαίνεται το συμπέρασμα ότι μια χώρα με τέτοια εισαγωγή των Α.Π.Ε. στην παραγωγή ενέργειας έχει αρκετά μειωμένο τον κίνδυνο. Η βοήθεια των Α.Π.Ε. στην μείωση του κινδύνου, όσο κι αν εξηγήθηκε στην θεωρία, θα γίνει περισσότερο αντιληπτή στο παράδειγμα της Νορβηγίας.



Σχήμα 6. 5 Βελτιωμένο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Σουηδίας

6.4 Συμπεράσματα και προτάσεις για την Νορβηγία και την Πορτογαλία

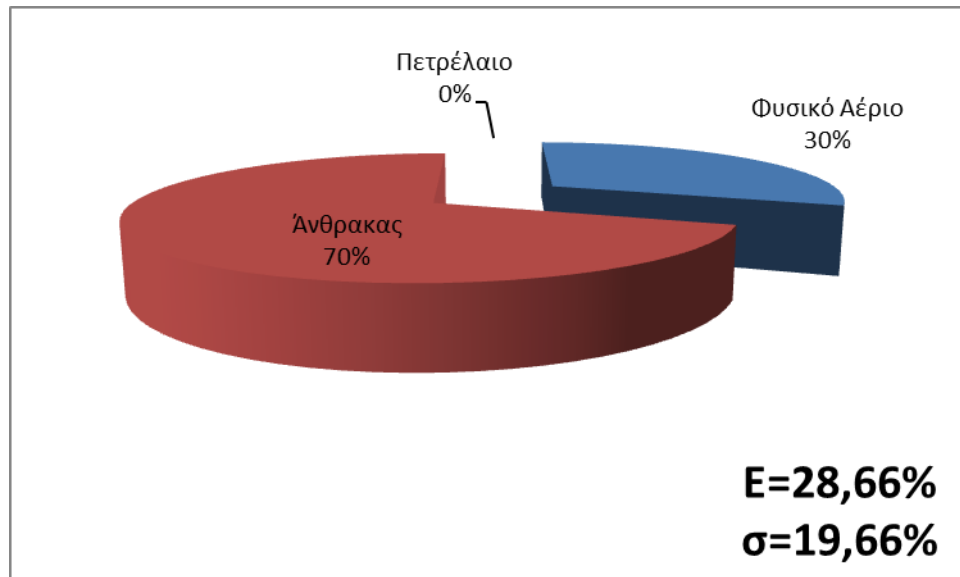
Η ενεργειακή κατάσταση της Νορβηγίας και της Πορτογαλίας αναλύθηκε στο τέταρτο κεφάλαιο. Η παρατήρηση που έγινε σε αυτό αλλά και στο επόμενο κεφάλαιο είναι ότι οι ενεργειακές οικονομίες της Νορβηγίας και της Πορτογαλίας είναι παρόμοιες. Ο διαμοιρασμός των ποσοστών σε ορυκτά καύσιμα γίνεται με παρόμοιο τρόπο. Η εξάρτηση τους από το πετρέλαιο είναι μεγάλη, σε βαθμό πολύ μεγαλύτερο από την Ισπανία και την Σουηδία.

Η Πορτογαλία, θα μπορούσε κανείς να πει ότι είναι περισσότερο κοντά στα ελληνικά δεδομένα. Πρόκειται για μια χώρα που σταδιακά προσπαθεί να μειώσει την εξάρτηση της από το πετρέλαιο και κινείται προς άλλους υδρογονάνθρακες. Η απουσία πυρηνικών εργοστασίων κάνουν την ενεργειακή της οικονομία λιγότερο αποδοτική και περισσότερο επικίνδυνη.

Η Νορβηγία από την άλλη αποτελεί πολύ ξεχωριστό παράδειγμα ενεργειακής κατάστασης. Πρόκειται για μια χώρα που έχει τόσα πολλά υδροηλεκτρικά, ικανά να καλύψουν το 64% περίπου των ετήσιων ενεργειακών αναγκών της. Το γεγονός αυτό «αφαιρεί» πολύ κίνδυνο από το ενεργειακό της μείγμα. Η αφαίρεση των υδροηλεκτρικών από το ενεργειακό μείγμα και η παρουσία μόνο των ορυκτών καυσίμων μας βοηθά να αντιληφθούμε ότι η χώρα αυτή έχει πολλά περιθώρια ενεργειακής βελτίωσης. Τα ποσοστά της μοιάζουν με αυτά της Πορτογαλίας.

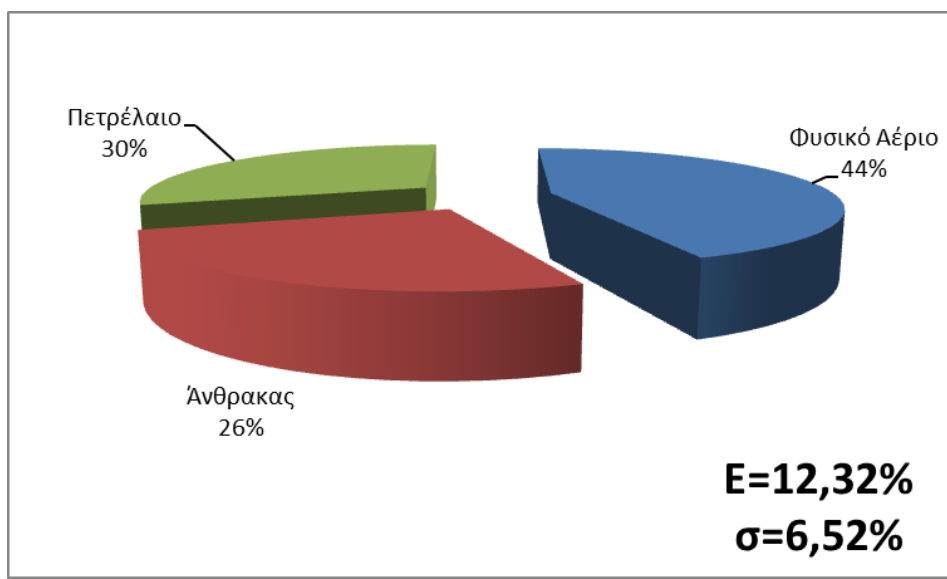
Παρατηρώντας προσεκτικά την λύση στην οποία καταλήξαμε μετά από επεξεργασία των δεδομένων και εκμεταλλευόμενοι την θεωρία του Χάρι Μάρκοβιτς, διαπιστώνεται ότι σε αντίθεση με τις χώρες που διαθέτουν πυρηνική ενέργεια, η προτεινόμενη λύση είναι περισσότερο εφικτή. Στην πρόταση μας θα κρατήσουμε τα ποσοστά των πετρελαϊκών μονάδων στο 30% περίπου, μείωση η οποία είναι ικανή να πραγματοποιηθεί σε μακροπρόθεσμη βάση. Κύριος στόχος είναι η πλήρης απεξάρτηση από το πετρέλαιο, αλλά επειδή αυτό χρειάζεται αρκετά χρόνια,

επιμένουμε στην μείωσή του για την παρούσα διπλωματική. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζονται τα ποσοστά των ορυκτών καυσίμων που αποτελούν το βέλτιστο χαρτοφυλάκιο.



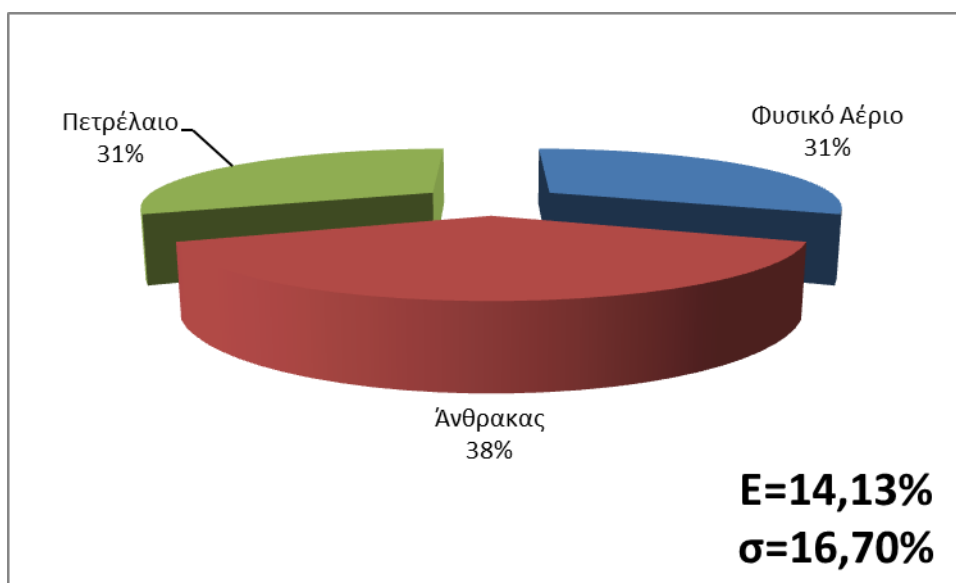
Σχήμα 6. 6 Η θεωρητική προσέγγιση απουσία ουρανίου

Το επόμενο διάγραμμα μας παρουσιάζει την κατανομή των ποσοστών για την Νορβηγία, με αύξηση του φυσικού αερίου και του άνθρακα και ταυτόχρονη μείωση του πετρελαίου περισσότερο από το μισό της σημερινής του συμμετοχής. Η απόδοση και η τυπική απόκλιση του χαρτοφυλακίου φαίνονται στο διάγραμμα.



Σχήμα 6. 7 Βελτιωμένο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Νορβηγίας

Η Πορτογαλία θα έπρεπε να βάλει ως στόχο μια κατανομή των καυσίμων όπως απεικονίζεται στο επόμενο διάγραμμα. Η θέση της επιτρέπει την αύξηση του ποσοστού των Α.Π.Ε στα ποσοστά-στόχους της Ε.Ε ,δηλαδή 20%. Όμοια με την Νορβηγία το ενεργειακό της μείγμα θα γίνει αποδοτικότερο και ακίνδυνο με απεξάρτηση-σταδιακά βέβαια-από το πετρέλαιο.



Σχήμα 6. 8 Βελτιωμένο Ενεργειακό Χαρτοφυλάκιο Πορτογαλίας

6.5 Συμπεράσματα και προτάσεις για τις χώρες της Ε.Ε.

Η εξέταση των δεδομένων σε αυτήν την διπλωματική σε συνδυασμό με την σύγχρονη θεωρία χαρτοφυλακίου, την θεωρητική προσέγγιση και θεωρία του Χάρι Μάρκοβιτς και τα πραγματικά δεδομένα των χωρών που μελετήθηκαν, σχηματίζουν το προφίλ πολλών χωρών της Ευρώπης. Η ευρωπαϊκή πολιτική παροτρύνει και τις χώρες μέλη σε σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο και γενικότερα τους υδρογονάνθρακες. Θα ήταν βεβαίως λάθος να σκεφτεί κάποιος ότι για τα επόμενα 30 χρόνια μπορούμε να απαλλαγούμε πλήρως από τους υδρογονάνθρακες. Αυτό που πρέπει να γίνει κατανοητό είναι ότι οι ενεργειακές οικονομίες πρέπει να στραφούν σε αποδοτικότερους και λιγότερο ρυπογόνους υδρογονάνθρακες.

Η χρήση πυρηνικής ενέργειας, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα του πέμπτου κεφαλαίου φαίνεται να είναι αρκετά συμφέρουσα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί βεβαίως στους κινδύνους αυτής της μορφής ενέργειας καθώς η Ε.Ε είναι ιδιαίτερα αυστηρή στην διαχείριση των ρύπων της πυρηνικής ενέργειας και γενικότερα σε θέματα ασφάλειας. Η επιλογή ή όχι πυρηνικής ενέργειας είναι στην ευχέρεια του επενδυτή-της χώρας δηλαδή στην οποία εγκαθίσταται το πυρηνικό εργοστάσιο. Καταλήγουμε όμως στο γεγονός ότι όποια χώρα επιλέξει να βάλει στο πρόγραμμα της το ουράνιο-αν δεν το έχει ήδη - περισσότερο έχει να κερδίσει από ενεργειακής και οικονομικής σκοπιάς.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν την ναυαρχίδα της μελλοντικής ενέργειας. Είναι μια μορφή ενέργειας η οποία έχει ίδια περίπου-ίσως πλέον και μεγαλύτερη-απόδοση από το πετρέλαιο και μηδενικό κίνδυνο. Βεβαίως οι Α.Π.Ε δεν είναι δυνατόν καλύψουν πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες ενός Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας καθώς υπάρχουν προβλήματα ευστάθειας του δικτύου. Από την άλλη πλευρά όμως μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο ποσοστό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μιας χώρας.

Η παρουσία του πετρελαίου ως καυσίμου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μη επιθυμητή. Ένα καύσιμο μη αποδοτικό με μεγάλη ευαισθησία στην τιμή και μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η σταδιακή μείωση των ποσοστών του είναι η καλύτερη επιλογή. Βεβαίως δεν είναι δυνατόν να απαλλαγούμε πλήρως από το πετρέλαιο. Η πλέον συμφέρουσα λύση είναι να κατευθυνθούμε προς το φυσικό αέριο και τον άνθρακα, καύσιμα με πολύ καλή απόδοση αν και αρκετά μεγάλη ευαισθησία στην τιμή.

Κλείνοντας αυτήν την διπλωματική θα γράψω το δικό μου συμπέρασμα περί των ενεργειακών χαρτοφυλακίων. Σέβομαι και χρησιμοποιώ τα μαθηματικά εργαλεία καθώς και όλες τις οικονομικές θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί γύρω από την διαχείριση χαρτοφυλακίων. Αν εξετάσουμε καθαρά χρηματικές επενδύσεις τα μαθηματικά αποτελέσματα - τα νούμερα - είναι αρκετά κοντά στην πραγματική λύση. Γνωρίζω όμως - επειδή η ανάλυση έγινε σε ενεργειακά χαρτοφυλάκια - ότι το μοντέλο που στο σύνολο τους οι θεωρίες και τα μαθηματικά εργαλεία προτείνουν έχει μια μικρή απόκλιση από την πραγματικότητα. Υπάρχουν πολλοί περιορισμοί και εξαρτήσεις οι οποίοι κατευθύνουν την οικονομικοτεχνική μελέτη. Υπάρχουν κατευθύνσεις της μελέτης οι οποίες δεν είναι πραγματοποιήσιμες, προτάσεις οι οποίες απαιτούν χρόνια προκειμένου να πραγματοποιηθούν και ενεργειακά χαρτοφυλάκια που δύσκολα απεξέρχονται από δαπανηρά και επικίνδυνα χρεόγραφα.

Η σπουδή που πήρα από την προσπάθεια ανάλυσης των ενεργειακών χαρτοφυλακίων είναι πολύ σημαντική. Το βέλτιστο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο αποτελεί ένα ιδανικό ενεργειακό «κουστούμι». Η χώρα που πρέπει να φορέσει το εν λόγω ενεργειακό «ένδυμα» πρέπει να το φέρει στα μέτρα της. Οι αποδόσεις και ο κίνδυνος σου δίνουν την ενεργειακή κατεύθυνση, την γραμμή που πρέπει να ακολουθήσεις προκειμένου να γίνεσαι αποδοτικότερος. Η πραγματική κατάσταση είναι αυτή που πρέπει να διαφοροποιήσεις όσο το δυνατόν καλύτερα με βάση την κατεύθυνση που έχεις.

Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

BP, *BP Statistical Review of World Energy 2012*

BP, *BP The full Excel workbook of historical statistical data from 1965-2011*

Christiano Alves Farias, Wilson da Cruz Vieira, Maurinho Luiz dos Santos, *Portfolio selection models: comparative analysis and applications to the brazilian stock market*

Commission of the European Communities, *Energy Sources, Production Costs and Performance of Technologies for Power Generation, Heating and Transport, Second Strategic Energy Review – An EU Energy Security and Solidarity Action Plan, 2008*

Commission of the European Communities, *Green Paper – A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy, 2006*

Commission of the European Communities, *Green Paper - Towards a European strategy for the security of energy supply, 2001*

Cornelis Johannes Gelderman *A portfolio approach to the development of differentiated purchasing strategies*

Diana Roman, Gautam Mitra *Portfolio selection models: a review and new directions*
November 11, 2008

Edwin Elton, Martin Gruber, Stephen Brown, *Portfolio Theory and Investment Analysis, 2002*

Edwin J. Elton, Martin J. Gruber, *Modern portfolio theory, 1950 to date, Journal of Banking & Finance 21, 1997*

Elton, Gruber, Brown and Goetzmann, *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis, Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2003*

Energy Justice <http://www.energyjustice.net/>

Europe's Energy Portal, <http://www.energy.eu/>

Hiroshi Konno, Hiroaki Yamazaki *Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Applications to Tokyo Stock Market* Management Science(vol 37, No.5 May ,1991, p.519-531)

IEA Statistics, *Electricity Information 2009* , 2009

IEA, *2010 Key World Energy Statistics*, 2009

IEA, NEA, *Projected Costs of Generating Electricity*, 2011

Markowitz Harry M., *Foundations of Portfolio Theory*, The Journal of Finance, Vol. 46, No. 2, pp 469-477, June 1991

Markowitz Harry M., *Portfolio Selection*, The Journal of Finance, Vol. 7, pp 77-91, March 1952

Markowitz Harry M., *The Early History of Portfolio Theory*, Financial Analysts Journal, Vol. 55, No.4 pp 5-16, July – August 1999

Markowitz Harry, *Portfolio selection efficient diversification of investments*, Wiley, 1959

Tobin James , *Liquidity Preference as a Behaviour Towards Risk*, 1958

World Nuclear, <http://www.world-nuclear.org>

Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Harry_Markowitz,

Wikipedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Differentiation_\(economics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Differentiation_(economics))

IEA, NEA, *Projected costs of generating electricity 2005 update*,2005

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αθανάσιος Π. Παπαδόπουλος, *Νομισματική Θεωρία και Πολιτική*, Τμήμα Οικονομικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Επιτροπή Των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Ανακοίνωση της επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Ενεργειακή Πολιτική για την Ευρώπη, Βρυξέλλες, 10.1.2007

Επιτροπή Των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Ανακοίνωση της επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Ενδεικτικό Πυρηνικό Πρόγραμμα, Βρυξέλλες, 4.10.2007

Ψαρράς Ιωάννης, Ζοπουνίδης Κ., Ξυδώνας Π., *Σύγχρονη Θεωρία Χαρτοφυλακίου*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2010